

AULA D'ECOLOGIA

CICLE DE CONFERÈNCIES
2005



AULA D'ECOLOGIA

ANNA ÀVILA I JAUME TERRADAS (EDS.)

AULA D'ECOLOGIA

CICLE DE CONFERÈNCIES
2005

Universitat Autònoma de Barcelona
Servei de Publicacions
Bellaterra, 2006

DADES CATALOGRÀFIQUES RECOMANADES PEL SERVEI DE BIBLIOTEQUES
DE LA UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

Aula d'Ecologia : cicle de conferències 2005 ; Anna Àvila, Jaume Terradas (eds.). — Bellaterra :
Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions, 2006. — (Ciència i Tècnica ; 32. Ecologia)

ISBN 84-490-2355-6

I. Universitat Autònoma de Barcelona
II. Col·lecció
III. Àvila, Anna
IV. Terradas, Jaume
1. Diversitat biològica — Congressos
502.3(063)

L'Aula d'Ecologia ha estat, en els cicles del 1996 al 2003, una iniciativa de l'Ajuntament
de Barcelona i la Universitat Autònoma de Barcelona, que ha tingut el suport,
en la coordinació i secretaria, del Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF).

Director de l'Aula d'Ecologia

Jaume Terradas i Serra, catedràtic emèrit d'Ecologia de la UAB

Coordinadors per l'Ajuntament de Barcelona

Txema Castiella i Viu, Margarita Parés i Rifà

Preparació dels textos (resums de les ponències)

Anna Àvila (CREAF)

Coordinació de les sessions

Pilar Andrés (CREAF)

Anna Àvila (CREAF)

Il·lustració de la coberta

Voluntaris al litoral gallec, en tasques de neteja,
amb motiu del naufragi del *Prestige*.

Fotografia: Josep Torrent

Composició

Medusa

Edició i impressió

Universitat Autònoma de Barcelona

Servei de Publicacions

08193 Bellaterra (Barcelona). Spain

Tel. 93 581 10 22. Fax 93 581 32 39

sp@uab.es

<http://blues.uab.es/publicacions>

ISBN 84-490-2435-8

Dipòsit legal: B. 14.342-2006

Impress a Espanya. Printed in Spain

Impress en paper ecològic



Aquesta publicació no pot ser reproduïda, ni totalment ni parcialment, ni enregistrada en, o transmesa per, un
sistema de recuperació d'informació, en cap forma ni per cap mitjà, sia fotomecànic, fotoquímic, electrònic, per
fotocòpia o per qualsevol altre, sense el permís previ de l'editor.

Índex

- 9-11 Pròleg, per Jaume Terradas i Serra
13 Ponents i programa de l'Aula d'Ecologia de l'any 2005

Decè cicle de conferències 2005

- 15-22 **Mireia Belil**
Reflexions entorn de la sostenibilitat en els diàlegs del Fòrum
- 23-31 **Oriol Nel·lo**
Política per al paisatge
- 33-40 **Josep M. Baldasano**
L'entrada en vigor del protocol de Kyoto: perspectives espanyola i catalana
- 41-49 **Vicenç Sureda**
La contaminació acústica en àrees urbanes
- 51-55 **Pere Masqué**
La contaminació química: el cas del riu Ebre a Flix
- 57-66 **Joan Franch**
Agricultura i medi ambient a l'Amèrica Central
- 67-74 **Josep M. Alcañiz**
Restauració dels sòls degradats
- 75-80 **Josep Amat**
Robots submarins contra la contaminació: el cas *Prestige*
- 81-87 **Carles Pedrós-Alió**
La vida en ambients extrems a la Terra i en altres planetes

Pròleg

Jaume Terradas i Serra

Catedràtic emèrit d'Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona
i director de l'Aula d'Ecologia

Aquest és el vuitè volum de resums de les conferències fetes a l'Aula d'Ecologia, que organitza l'Ajuntament de Barcelona, juntament amb la Universitat Autònoma de Barcelona, i amb la cooperació del Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF). Correspon a l'edició de 2005 de l'Aula, que tingué lloc a la Casa Elizalde de Barcelona. Els resums han estat elaborats per la Dra. Anna Àvila, investigadora del CREAM, i revisats pels mateixos ponents.

Com sovint a l'Aula d'Ecologia, les conferències no tenen un tema unitari, encara que hi predomina el tractament de la qüestió ambiental des de la diagnosi a la proposta de solucions en àmbits que van des del conjunt del món fins a zones d'un alt interès pel que fa a la biodiversitat (cas de l'Amèrica central) o pel que fa a l'estat espanyol i a Catalunya. Lluny de defugir els temes més polèmics i actuals, aquests han estat l'objectiu més clar del cicle. Ens va semblar molt convenient que hi fossin presentats els resultats de les discussions realitzades al Fòrum sobre el tema de la sostenibilitat, cosa que va fer Mireia Belil en un exercici notable de síntesi, ja que els temes tractats al Fòrum van ser molt diversos i comportaren moltes hores de discussió. Tanmateix, creiem que el públic agrairà especialment aquest resum, ja que molta gent no va tenir l'oportunitat de participar directament als debats ni d'estar al corrent de les conclusions. També va semblar oportú que una personalitat com Oriol Nel·lo, que a més de ser un geògraf molt prestigiós és el secretari general de Planificació Territorial del Departament de Política Territorial i Obres Públiques, ens donés la seva visió de les polítiques que el nou govern de la Generalitat està aplicant en favor de la gestió i la conservació dels valors del paisatge, tema que venia especialment a tomb quan el Govern estava traient importants normatives de protecció de la franja costanera i altres zones de Catalunya especialment amenaçades per una forma d'urbanització molt ràpida i poc

respectuosa amb aquests valors. L'entrada en vigor del protocol de Kioto era un altre dels punts de màxim interès ambiental, i la conferència de José M. Baldasano va aportar no només una visió molt actualitzada de les dades de què es disposa sobre el canvi climàtic i dels pronòstics sobre l'evolució futura, sinó també de l'evolució que estan tenint Espanya i Catalunya en relació al tema de les emissions, evolució que no és gens satisfactòria per cert. El conferenciant va posar de manifest el conflicte entre la urgència de frenar les tendències actuals i el model econòmic de creixement.

Les enquestes posen de manifest que un dels problemes més importants que experimenten els habitants de les ciutats és el del soroll. Per això, vam demanar a un expert tan reconegut com Vicenç Sureda que exposés l'estat d'aquesta qüestió a Barcelona. Després d'explicar alguns elements tècnics necessaris, Sureda va relacionar el tema del soroll amb aspectes funcionals del sistema urbà i en particular amb la mobilitat, que ha experimentat a Barcelona un enorme increment els darrers vint anys. Per acabar, va presentar les estratègies de millora de la qualitat acústica. Un altre tema que despertà durant el 2004-2005 molta preocupació va ser la revelació de l'existència d'importants residus industrials al llit del riu Ebre, a Flix, resultat de l'acumulació històrica d'abocaments d'Erkimia. Pere Masqué va explicar la importància dels components orgànics, metalls pesants i radioactivitat en aquesta enorme massa de residus, valorant-ne les causes i els riscos, i va exposar les mesures que es prendran en el futur per solucionar aquest greu problema.

La pèrdua de biodiversitat és un dels temes de canvi global que apareixen recurrentment a les sessions de l'Aula. En el cicle 2005 vam abordar, gràcies al Dr. Joan Franch, un dels processos més seriosos en la pèrdua de biodiversitat: els canvis d'usos del sòl associats a l'agricultura en països tropicals. Franch coneix bé el cas de l'Amèrica Central, un microcosmos on es poden comprendre situacions que es donen a una escala molt més àmplia en altres territoris tropicals, ja que s'hi dona un ventall de processos socioeconòmics que, entre altres coses, empeny els pagesos pobres a ocupar més espais de terres forestals tradicionalment ocupades pels indígenes. El tema dels usos dels sòls va ser completat per una segona conferència, la de Josep M. Alcañíz, des del punt de vista de la restauració. Els sòls són objecte de múltiples modificacions i degradacions, i els experts lluiten per trobar respostes que garanteixin la reposició i la restauració d'un recurs tan essencial. Alcañíz va tractar tant l'inventari de sòls degradats i els tipus de degradació com les tècniques de restauració, algunes de les quals permeten associar-hi solucions parcials a altres problemes, com l'ús de fangs de depuradora.

Un dels temes ambientals més debatuts els anys precedents va ser l'enfonsament del *Prestige*. El 2005, ja s'havia fet una operació sense precedents de recuperació del fuel romanent al derelict, enfonsat a més de 3.500 m de fondària. Josep Amat ens va explicar com es va fer ús de la robòtica en aquesta operació.

Un altre tema de gran actualitat és la recerca de possibles formes de vida fora de la Terra, i s'ha fet força especulació (i costosos experiments) en relació als requeriments que aquesta vida plantejaria, així que la descoberta d'aigua glaçada a Mart, per exemple, ha estat un fet important. Carles Pedrós-Alió va explicar-nos les condicions de la vida en ambients extrems, en particular en deserts càlids i freds i a gran fondària dins l'escorça terrestre. Els estudis recents proven que hi ha formes de vida microbianes que suporten condicions molt més extremes del que mai s'havia pensat. Això fa augmentar substancialment les possibilitats que també es trobi vida en altres llocs de l'Univers.

Com a director de l'Aula, agraeixo un any més que s'hagi mantingut la voluntat de l'Ajuntament de Barcelona, representada per la tinent d'Alcalde Imma Mayol i la gerència del Sector de Serveis Urbans i Medi Ambient, així com la de la Universitat Autònoma de Barcelona, de seguir organitzant aquests cicles, i al públic que hagi continuat fent-los possibles amb la seva assistència i activa participació en els debats. Altres agraïments són al CREAM, al Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma (especialment al Sr. Carlos Alonso), a Marta Barceló i Javier Jerónimo (secretariats del CREAM i de la Unitat d'Ecologia de la UAB respectivament). De tot punt essencial ha estat la tasca de coordinació, des de l'Ajuntament, de Txema Castiella i Margarita Parés, i per a les sessions, d'Anna Àvila i Pilar Andrés, així com la que ha fet A. Àvila en la redacció dels resums.

Febrer del 2006

Ponents i programa de l'Aula d'Ecologia de l'any 2005

Decè cicle de conferències 2005

Oriol Nel·lo, secretari general de Planificació Territorial. Departament de Política Territorial i Obres Públiques
Paisatge, planejament i política (15 de febrer).

Josep M. Baldasano, catedràtic d'Enginyeria Ambiental. Universitat Politècnica de Catalunya
L'entrada en vigor del protocol de Kyoto: perspectives espanyola i catalana (22 de febrer).

Pere Masqué, Departament de Física-ICTA. Universitat Autònoma de Barcelona
La contaminació de Flix (8 de març).

Carles Pedrós-Alió, Institut de Ciències del Mar-CSIC
La vida en ambients extrems a la Terra i en altres planetes (15 de març).

Vicenç Sureda, Àrea d'Espais Naturals. Diputació de Barcelona
La contaminació acústica en àrees urbanes (29 de març).

Mireia Belil, Fundació Fòrum
Reflexions entorn de la sostenibilitat en els diàlegs del Fòrum (5 d'abril).

Josep Amat, Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial. Universitat Politècnica de Catalunya
Robots submarins contra la contaminació: el cas Prestige (12 d'abril).

José Carrión, *Historias de cambios en el clima y la vegetación* (19 d'abril).

Joan Franch, Departament de Biologia Animal, Biologia vegetal i Ecologia i CREA. Universitat Autònoma de Barcelona
Agricultura i medi ambient a l'Amèrica Central (3 de maig).

Josep M. Alcañiz, Departament de Biologia Animal, Biologia vegetal i Ecologia i CREA. Universitat Autònoma de Barcelona
Restauració de sòls degradats (10 de maig).

Fruit de la ja antiga col·laboració —iniciada el 1980— en el camp de l'ecologia urbana entre l'Ajuntament de Barcelona i la Universitat Autònoma de Barcelona, el 1996 neix l'Aula Permanent d'Ecologia de la Ciutat. L'Aula d'Ecologia té els seus orígens en el propòsit de consolidar un nucli de debat sobre la qüestió ambiental. Des de la seva creació, l'Aula d'Ecologia ha organitzat un cicle de conferències anuals i, des del cicle de 1997, els resums s'han publicat en volums d'aquesta mateixa sèrie.

En el present volum es publiquen els resums de les conferències realitzades el 2005. Són nou, ja que una de les programades es va haver de suspendre a causa d'un seriós accident del conferenciant, el doctor J. Carrión, quan viatjava cap a Barcelona. Les conferències no s'apleguen al voltant d'un tema unitari, però emfatitzen aspectes de gestió i restauració ambientals. Mireia Belil va fer una síntesi dels resultats del Fòrum en relació amb la sostenibilitat, i Oriol Nel·lo va presentar el tema de la política per al paisatge i els seus objectius partint dels valors del paisatge i la crítica de les dinàmiques territorials observades. José M. Baldasano va fer un balanç de la situació catalana i espanyola a l'entrada en vigor del protocol de Kioto. Vicenç Sureda va tractar el tema més específic, però de gran impacte social, de la contaminació acústica als nuclis urbans, en particular a Barcelona, i de les mesures reguladores corresponents. Pere Masqué es va ocupar d'un altre problema de contaminació local de gran actualitat, el cas del riu Ebre a Flix, sens dubte un dels grans reptes ambientals de Catalunya per als pròxims anys. Joan Franch ens va presentar una situació ben diversa, els problemes ambientals relacionats amb l'agricultura a l'Amèrica Central. Dues conferències van tractar directament temes de restauració. La de Josep M. Alcañiz es va referir a la restauració de sòls degradats per causes diferents, i més en particular a la de pedreres abandonades, mentre que Josep Amat va explicar les solucions de robòtica submarina aplicades a l'extracció del fuel del buc enfonsat del *Prestige*. Finalment, Carles Pedrós-Alió va tractar un tema més estrictament ecològic, el de la vida en ambients extrems i en altres planetes.

El ventall temàtic va ser, doncs, força extens, amb predomini de temes de molta actualitat (Fòrum, *Prestige*, política territorial del nou govern de la Generalitat, entrada en vigor de Kioto, contaminació de l'Ebre, soroll), però també va tocar aspectes ambientals d'interès general, i no pas limitant-se al diagnòstic sinó abordant decididament possibles solucions. L'interès de les sessions, un any més, es va veure molt enriquit pels debats, quasi sempre ben interessants, amb els assistents.

ISBN 84-490-2435-8



9 788449 024351

Reflexions entorn de la sostenibilitat en els diàlegs del Fòrum

Mireia Belil
Fundació Fòrum

Abans d'entrar a parlar de la dimensió de la sostenibilitat en els diàlegs del Fòrum ens hauríem de plantejar aquella reiterada pregunta que flotava per la ciutat: què va ser el Fòrum Barcelona 2004? Malgrat una certa confusió a l'hora d'explicar què era el Fòrum, tant des de la mateixa organització com des dels mitjans de comunicació, el Fòrum va ser, bàsicament, dues coses: d'una banda, un projecte urbà (l'operació Besòs) i de l'altra, una trobada cultural i ciutadana entorn d'una festa compartida. Són dos aspectes diferents que s'han de veure separatament. El Fòrum ha tingut moltes crítiques. Algunes de justes, com per exemple, les referents a la comunicació o la permeabilització cap a la societat. Altres han estat francament injustes. Injustes perquè no s'han posat en el seu context, o perquè s'han barrejat aspectes diferents.

Com a operació urbana, el Fòrum ha estat un punt essencial d'inflexió en la política urbanística d'aquesta ciutat cap a la sostenibilitat. Més enllà de si la solució tècnica i arquitectònica ens agrada o no, no hi ha dubte que per primera vegada s'han internalitzat infraestructures normalment considerades molestes, com les de tractament d'aigües residuals, les incineradores, etc., i se les ha incorporat a la trama urbana. Habitualment, el creixement de les ciutats arreu del món s'ha fet a costa de l'exportació de totes aquestes infraestructures molestes cap a les perifèries de les ciutats. A Barcelona, amb l'operació urbanística del Fòrum s'ha superat l'efecte *nimby* (*not in my backyard*), o sigui, el fet que la gent no vol prop de casa seva tota una sèrie de serveis els quals, per altra banda, exigeix i dels que se'n beneficia. Moltes vegades, aquesta oposició té uns motius molt subjectius, que no estan basats en un coneixement real o científic dels perjudicis. Per tant, el fet que l'operació Besòs fos un esforç urbà en favor d'incorporar a la trama urbana de Barcelona una sèrie d'infraestructures que els barcelonins necessitem per viure (depurar les aigües, cremar les escombraries, generar electricitat) és una fita a celebrar.

En el disseny de les activitats i infraestructures del Fòrum es va tenir molt en compte la sostenibilitat: (1) la depuradora d'aigües residuals del Besòs, situada sota la plaça de la *haima*, abocava aigua depurada al mar, (2) el rec i la neteja es van fer amb aigües del freàtic de Barcelona bombejades dels túnels del metro, (3) totes les aixetes tenien dispositius per reduir el consum d'aigua, (4) la placa solar fotovoltaica generava l'energia per alimentar tots els edificis de l'àrea i l'excedent alimentava la xarxa elèctrica general, (5) la *haima* (plaça central d'exposició) era bioclimàtica, (6) els motors dels trens i cotxes del recinte funcionaven amb oli reciclat, (7) el sistema de climatització dels edificis de convencions s'alimentava amb l'aprofitament d'energia de la incineradora. Tot plegat va representar una aposta arriscada, que no s'ha vist gaires vegades en el pla mundial.

En referència a la segona naturalesa del Fòrum (la trobada durant 141 dies), hem de destacar que els seus continguts i organització venien d'entrada definits per una sèrie de principis. El Fòrum Universal de les Cultures Barcelona 2004 tenia una agenda de principis i valors, basada en la Declaració Universal dels Drets Humans de les Nacions Unides, en la Declaració de la Diversitat Cultural de la UNESCO i en la Declaració d'Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni de les Nacions Unides. Aquests principis condicionaven les pràctiques a seguir per tothom vinculat al Fòrum, inclosa la seva accessibilitat. Un tema important, tot i no ser molt reconegut, va ser l'aposta pel transport públic que va implicar el desplegament d'un tramvia, la construcció d'una nova parada de metro o el canvi en algunes parades d'autobusos.

L'agenda de principis, que era molt genèrica, es va centrar en tres eixos temàtics: (1) la diversitat cultural, (2) les condicions per la pau, i (3) el desenvolupament sostenible; tres eixos que són els principals reptes de la humanitat en el segle XXI. Aquests tres aspectes no es van plantejar en cap moment com a conceptes separats, sinó com a temes molt entrellaçats. Degut a aquesta volguda interrelació, la majoria dels diàlegs i les exposicions tocaven el tema del desenvolupament sostenible, des de diferents perspectives, com l'econòmica, cultural, social o ètica. Des del Fòrum Barcelona 2004 hem plantejat que, sense justícia social, difícilment hi pot haver un desenvolupament sostenible.

Que creiem que han de ser els fòrums? No sé si varem aconseguir els objectius en el Fòrum de Barcelona, que era el primer i, per tant, s'ha de considerar com una prova pilot; però segur que en les properes edicions ens anirem apropant els objectius. Des de la Fundació Fòrum, l'hereva dels intangibles de la trobada de Barcelona i custodiadora de la continuïtat, intentem promoure una llista de les característiques del

Fòrum, que es concreten en tres paraules: ciutadans i ciutadanes, diàleg i creativitat.

El Fòrum no reuneix banderes: hi cap tothom, ciutadans i ciutadanes pertanyents a organitzacions o no. Això es va aconseguir. El Fòrum té un caràcter urbà. En aquest cas, el fet que hi participessin administracions de tots els nivells (central, regional i local) va desdibuixar una mica aquest aspecte. L'objectiu inicial del Fòrum seria que des de la ciutat es fan propostes d'unes noves maneres de fer, de trobar solucions als conflictes, amb el suport dels altres nivells de govern, però amb la centralitat de la ciutat. És una trobada lligada a una renovació urbana, física i mental. El Fòrum és un espai de diàleg. No hi ha dubte que aquest aspecte es va treballar, entenent el diàleg com a gent que s'escolta i que s'entén, que comparteix solidàriament un coneixement sobre el món i sobre unes propostes, i que al final s'avança en temes acordats. Tots aquests aspectes s'han treballat amb creativitat. Creativitat entesa com a imaginació, com trencar motllos, com trencar el pensament únic, com intentar veure les coses des de diferents punts de vista, com a atrevir-nos a ser valents. Citant Aminata Traore: «La creativitat és la nostra última esperança per sortir-nos dels problemes que tots tenim; especialment cal la creativitat política».

Ens varem plantejar els diàlegs des d'una triple perspectiva. En tant que persones humanes convivint en el planeta hi ha tres coses que hem de compartir: en primer lloc, el nostre planeta com a espai físic, tenint en compte els efectes transfronterers de la gestió de l'aigua, els efectes de la contaminació o del canvi climàtic. En segon lloc, la nostra humanitat, i aquí entrem en la dimensió de la sostenibilitat menys ambientalista i més social, referent a temes socials i econòmics de preocupació global, la solució dels quals passa per aconseguir una massa crítica suficient o una aliança per fer-hi front. Parlem de temes com la pobresa, la sida o l'educació per a tothom. Finalment, en tercer lloc, un llibre de regles, o unes normes compartides: aquelles coses que ens permeten comportar-nos i relacionar-nos col·lectivament.

Tot això, d'una o altra manera ha anat entrant en els diàlegs. A continuació resumiré alguns dels arguments principals dels diàlegs, tot centrant-me en aquelles idees o preguntes que han anat apareixent repetidament i les que fan referència a la sostenibilitat.

Els diàlegs sobre la sostenibilitat

A la majoria del 141 dies del Fòrum hi va haver trobades en relació a la temàtica genèrica del desenvolupament sostenible.

L'aigua

L'aigua va ser un dels diàlegs que, d'una manera més clara, va plantejar els tres aspectes que he mencionat abans (compartir el planeta, compartir la humanitat, compartir les normes). D'una banda, hi ha els aspectes referents al tractament, la preservació i la protecció dels recursos hídrics continentals o marítics. D'una altra, hi ha la relació de l'aigua amb la pobresa, la salut i els conflictes pel seu control. Finalment, pel que fa a les normes, en aquest Fòrum es va acordar un codi de comportament, la *Convenció Global de l'Aigua*, que van signant diferents mandataris i governs, i fins i tot actors com Leonardo DiCaprio! En aquest llibre de regles es mencionen una sèrie de normes que fins ara no estaven reconegudes, com per exemple, l'aigua com un dret humà, el negoci de l'aigua com un negoci legal però no necessàriament legítim, o bé la lluita pels recursos naturals transfronterers. Hi va haver unes ponències molt interessants sobre el mur de Palestina i com se situa arran dels pous d'aigua potable. O també el problema de l'educació de les dones i l'aigua ja que les nenes són les encarregades d'anar a buscar aigua en les societats més pobres, i per tant, això les exclou de l'educació.

L'energia

L'energia va constituir un dels diàlegs més encesos. El Sr. Mikhael Gorbachov hi va deixar anar allò de «per què ens hem de carregar l'energia nuclear?». Cal posar la polèmica frase en el seu context. Un dels temes més importants que es va tractar va ser el model actual de consum i producció energètica. Avui en dia aproximadament un 85% de la població no té accés a fonts d'energia suficients per desenvolupar-se. Va ser en aquest context que el Sr. Gorbachov va avisar en contra de les moratòries a l'energia nuclear: si no tenim un tipus d'energia alternativa, l'esgotament dels hidrocarburs impedirà que una part important de la població mundial pugui desenvolupar-se. A partir d'aquí va sorgir un escalfat debat que va girar sobre: 1) la geopolítica de l'energia, amb les guerres per l'energia (Irak, Txetxènia) o altres conflictes menys declarats, 2) la gran dependència dels hidrocarburs. Es va parlar de la «descarbonització» dels processos de desenvolupament o els de generació d'energia. També es va afirmar una cosa molt interessant: que mentre que els compromisos polítics i les declaracions de principis i els compromisos dels acadèmics i informes van en la línia clara de defensar l'eficiència en el consum i de controlar les emissions, d'usar energies renovables i no sobreexplotar unes fonts finites, la realitat va per un altre

camí, i les inversions reals continuen potenciant el mateix model basat en el petroli, un model injust, insostenible i pernicios per a nosaltres mateixos.

Les crisis elèctriques dels passats anys (Califòrnia, Nova York, o a escala més petita, la Costa Brava) van representar un toc d'atenció que la qualitat i la seguretat energètica dels països desenvolupats no està assegurada. D'aquest diàleg en va resultar una declaració de principis per fomentar les energies renovables, i un model d'urbanisme que afavoreixi l'estalvi energètic. A més, es va formar un fons d'investigació d'energies renovables a partir d'experiències que s'estan duent a terme en alguns països en desenvolupament.

A banda d'aquests dos diàlegs, també *Escotar el mar*, *Salut i desenvolupament* i *La trobada d'homes i dones del Temps* van aportar elements interessants al debat sobre la sostenibilitat.

Escotar el mar va ser el diàleg amb més participació de biòlegs, oceanògrafs i científics. Es podria afirmar que és el diàleg més sostenibilista en el sentit més pur del terme. Es va centrar en els problemes de la mar Mediterrània des d'un punt de vista molt tècnic. Es van proposar alguns mecanismes físics i científics per recuperar aquest mar en perill.

La Conferència Mundial de Meteorologia va obtenir una conclusió destacable: la necessitat de prevenció dels riscos i el lligam entre ciència, societat, mitjans de comunicació i polítics. Un cas exemplar seria el de Cuba. A Cuba hi ha dues persones molt ben conegudes per tothom: l'una és, evidentment, Fidel Castro; l'altra, el meteoròleg de la TV nacional, un meteoròleg tan bo en les seves prediccions que el connecten des de Miami per saber el temps, tot i que els nord-americans tenen uns laboratoris i models meteorològics excel·lents. Els darrers huracans pràcticament no han deixat víctimes mortals a Cuba.

Per últim, el diàleg *Salut i desenvolupament* va mostrar el cercle viciós entre pobresa-salut-desenvolupament i els efectes sobre la salut de les deficiències del medi, la contaminació mediambiental, la pobresa, la dificultat de l'accés a l'aigua, etc.

El desenvolupament sostenible, com a eix central del Fòrum Universal de les Cultures, apareix a gairebé la resta de diàlegs quan es parla de pau, de globalització, de turisme, d'urbanització o de seguretat. Només en mencionaré alguns exemples que ens poden ser útils aquí.

Les ciutats

Hi va haver tres diàlegs que es van centrar en la ciutat. La urbanització és un dels reptes més difícils de la humanitat en aquests moments.

Hi ha ciutats, com Lagos, que poden arribar a tenir entre 15 i 20 milions d'habitants, el 80% dels quals no tenen aigua potable de forma estable. Podeu imaginar milions i milions de persones sense aigua, amb tots els problemes de salubritat i salut pública que això comporta? En aquest conjunt de diàlegs sobre la ciutat es va fer una defensa molt clara de la ciutat com a espai de convivència i desenvolupament humà. I perquè això sigui possible, cal que la ciutat sigui un espai just, accessible per a tothom, on la persona pugui desenvolupar-se com a ésser social i polític, com a treballador i com a persona. A banda d'afirmar que l'expansió urbana és insostenible pel seu consum de sòl, consum d'energia, el problema del transport privat, etc., es va reconèixer que també ho és a nivell social. Es va reclamar una ciutat més compacta, la ciutat com un espai cívic on es pugui compartir i on els espais públics siguin espais de relació, de convivència.

- *Noves ignoràncies i noves alfabetitzacions.* Aquest va ser un diàleg organitzat per la UNESCO centrat en quines són les ignoràncies de l'ésser humà actualment per enfrontar-se als reptes del segle XXI. El menciono en aquesta exposició, perquè una de les quatre ignoràncies esmentades és el futur. Ignorar el futur és ignorar el desenvolupament sostenible i la possibilitat que la gent que ens seguirà disposi, com a mínim, del que nosaltres disposem. Pensar només el present és condemnar el planeta i la humanitat.
- *Cap a un món sense violència* va ser un diàleg organitzat per la Fundació per la Pau i per l'International Peace Bureau. La pau és una part de la definició d'un món sostenible, tant per les contaminacions que provoquen les guerres com per la incapacitat d'organitzar un mateix el seu devenir, la seva realització personal, econòmica, social i política en un món en guerra. Quan es defineix una cultura de la no-violència, un dels factors que s'inclouen és precisament la sostenibilitat mediambiental i social, al costat de la democràcia.
- *El paper de les empreses al segle XXI.* A vegades hi ha la sensació que les empreses són les úniques responsables dels problemes mediambientals i econòmics en els quals ens trobem. S'ha de tenir clar que les empreses estan al món per generar riquesa: l'important és com ho fan i què en fan amb la riquesa generada. Aquest diàleg va tractar un tema molt de moda: la responsabilitat social de l'empresa. Darrerament les empreses estan desenvolupant uns projectes de responsabilitat corporativa de cara a ajudar la societat a solucionar alguns problemes. L'element més simplista d'aquest sistema és el patrocini d'actes esportius i culturals, per exemple, considerant una cursa com

- un bé per a la societat. Això podria incloure's com a màrqueting social. Hi ha unes altres responsabilitats que les empreses han de complir: ser sostenibles mediambientalment, socialment i laboralment en els seus processos de producció. Això és molt important ja que les empreses contaminen, usen molts recursos, contracten treballadors, etc. El projecte Global Compact de Nacions Unides, i que té una seu a Barcelona a la Fundació Fòrum, especifica que les empreses que s'hi adhereixen han de complir una sèrie de compromisos ambientals i socials. Algunes han arribat a acomiadar proveïdors que no complien alguns requisits, com el de presentar igualtat d'oportunitats en el treball, de tenir mesures de seguretat en el treball...
- *El turisme*. Aquest va ser un diàleg en què es van incloure de manera més global els tres aspectes anomenats al principi (pau, sostenibilitat i diversitat cultural). Hi ha poques activitats en el món que reuneixin aquests tres paràmetres com el turisme en un món globalitzat. Si bé el turisme necessita desenvolupar aquests tres conceptes, el que cal és potenciar la sostenibilitat en els estils turístics. En molts casos, els mateixos entorns hotelers són magnífics, però el país que els allotja està ben degradat i desestructurat. El desitjable és que el turisme ajudi al fet que els països de destinació puguin desenvolupar-se i ser sostenibles. I a més, tenint en compte que en aquesta sostenibilitat és important la preservació de la sostenibilitat cultural. Aquest diàleg va reunir agents molt diversos, des dels ecologistes més radicals als *tour*-operadors, passant pels hotelers, els polítics o els acadèmics. En va sorgir un resultat que ja està funcionant tot i que es coneix poc, una plataforma per al desenvolupament del turisme sostenible i una fundació internacional que promou la qualitat del desenvolupament turístic als països en desenvolupament.

Per acabar, voldria resumir aquells temes que es repeten en un i altre diàleg sobre la sostenibilitat. Una de les qüestions que més es va repetir va ser la de si el desenvolupament ignora el futur. Sembla que no estem preparats per viure el futur. Ens eduquen per treure partit del nostre temps present, però no per mirar el planeta (i la vida dels nostres descendents) de cara al futur. Una de les poques solucions factibles és crear consciència ambiental, consolidar els compromisos polítics, i educar en la responsabilitat.

La cobdícia d'Occident va ser un altre tema que va tractar-se de diverses formes: voler mantenir els patrons de consum de la societat occidental, és sostenible o és una bogeria? El model consumista actual només afavoreix el 20% de la societat mundial, mentre que l'altre 80% n'està

exclòs. Per tant, intentar canviar els hàbits de consum dels ciutadans i ciutadanes és molt important. Aquí cal destacar el paper que juguen les empreses que fomenten un tipus de consum i la imatge de l'èxit empresarial i social que donen.

Veiem guerres preventives, control i pèrdua de llibertats a canvi de més seguretat. Realment, ens podem sentir segurs si continuem potenciant un món injust? Aquest és un tema que també toca de ple els models que hem de fomentar de desenvolupament més equilibrat i sostenible.

És necessària una ètica global. Per il·lustrar aquest concepte d'ètica cito un text de Jordi Borja que diu: «Mitterrand, l'expresident francès, deia que la moral no li importava ni se sentia obligat per ella; però sí que tenia en gran valor l'ètica. La moral és difusa, abraça més o menys el conjunt d'una societat determinada i alhora és subjectiva, arbitrària i, a vegades, hipòcrita o interessada. L'ètica és més limitada i estricta. Imposa unes regles de comportament derivades d'unes pautes culturals que generen el marc de confiança necessari per a la relació entre les persones. La moral no és fiable ni predictable. L'ètica, sí. Segons el rol, la posició o la funció que s'exerceix, un sap a què atènyer-se respecte a l'altre».

Això és el que hem estat intentant en els diàlegs del Fòrum: anar construint aquestes regles, sense imposicions, amb regles dinàmiques. En cadascun dels diàlegs que he mencionat es tractava la perspectiva ètica: el codi ètic del turisme, l'ètica de les ciutats, el codi ètic de les empreses, la transparència informativa... Dins d'aquesta ètica defensem tres aspectes molt bàsics, i que no obstant això sovint oblidem: el sentit comú; potenciar la força del diàleg; i plantejar les trobades de gent, les trobades cara a cara, per parlar temes a nivell global, és a dir, fòrums.

La sostenibilitat és un dels valors de la cultura de la no-violència juntament amb el pensament crític, la justícia social, la democràcia i, tal com va dir una persona que venia del món de l'aigua, el sentit de l'humor! A vegades les persones ens prenem massa seriosament a nosaltres mateixos, i així som incapaços de veure les múltiples dimensions i facetes de la vida i la sostenibilitat possible.

Política per al paisatge

Oriol Nel·lo

Secretari general de Planificació Territorial
Departament de Política Territorial i Obres Públiques

Em proposen de parlar de paisatge i política, dos temes que, si bé d'entrada semblen inconnexos, potser no ho resulten tant. El Departament de Política Territorial de la Generalitat acaba de reeditar *Presència de Catalunya. El paisatge català a través dels seus poetes*, un llibre publicat l'any 1938 pels serveis de cultura de la Generalitat del moment. És un llibre destinat a aquells qual lluitaven contra el feixisme per recordar-los la terra de la qual venien i per la qual lluitaven. Carles Pi Sunyer, conseller de Cultura en aquells moments, deia en el pròleg: «Aquest llibre vol acompanyar la presència de Catalunya en el teu cor. La Catalunya que descriuen en aquesta obra els nostres grans poetes i els nostres grans escriptors és la Catalunya que defenses amb les armes al braç pels camps i les muntanyes d'Aragó, de Castella, d'Andalusia. Defenses la teva llibertat i la del teu germà. Defenses la llibertat de la teva terra i la llibertat de les terres dels teus germans». I per recordar això, es va fer aquest aplec de textos i poemes que parlen, bàsicament, de paisatge. Vet aquí, doncs, el paisatge com a metàfora d'una identitat, o d'un projecte social.

El paisatge i la política són, doncs, temes amb múltiples connexions. En la nostra conversa voldria centrar-me en un aspecte d'aquesta interrelació: la connexió entre el paisatge i la gestió del territori. Com veureu, tractaré d'explicar que avui en dia no és possible la preservació del paisatge i dels valors paisatgístics sense la gestió del territori. A més, tractaré de mostrar com aquesta relació és biunívoca, és a dir, que no hi pot haver actualment gestió del territori capaç de preservar els valors de la sostenibilitat ambiental, de l'eficiència funcional i de la cohesió social que no tingui en compte també els valors paisatgístics.

Dividiré la meua intervenció en tres apartats. En primer lloc, exposaré com, al meu entendre, allò que hem de perseguir quan encarem les polítiques de paisatge no és tant preservar la imatge dels llocs, com assegurar que es preservin els valors paisatgístics en la inevitable transfor-

mació del paisatge. En segon lloc, tractaré d'indicar quins són els components més adequats, avui, per a la preservació del paisatge. I en tercer lloc, ho il·lustraré amb alguns exemples d'accions que en aquests moments estem desenvolupant per a la gestió del territori a Catalunya. Paisatge, pla i política seran, doncs, els tres eixos de la nostra reflexió.

El paisatge i la seva transformació

En la nostra experiència quotidiana tenim la percepció que el nostre paisatge es troba en un procés de transformació accelerada. Recordem, aquí, aquells textos de Pau Vila escrits a *La Publicitat* durant els anys 1920-1930, més tard aplegats per l'editor Casacuberta sota el títol *Visions geogràfiques de Catalunya*, un llibre extraordinari publicat el 1960. Vila reprèn en alguns d'aquests textos una guia de tren escrita per Víctor Balaguer poc després de l'obertura del ferrocarril del Maresme l'any 1870, en què Balaguer anava descrivint el paisatge a mesura que passava per les poblacions. Cinquanta anys més tard, cap al 1920, Vila refà l'itinerari i la descripció, i troba que el paisatge ja és tot un altre: agricultura comercial, conreu intensiu de patates, etc. I ara pensem, què descriuria el geògraf actual que reprengués la guia de tren del Maresme? Potser faria allò que diu Alessandro Baricco: *qualche volta, in treno si legge per non guardare per il finestrino*.

Per què passa això? Per què la transformació del paisatge, lluny d'enorgullir-nos, ens provoca un sentiment de pèrdua? Jo diria que la resposta ha de buscar-se en una dimensió subjectiva. Tradicionalment, la transformació del paisatge anava associada al temps llarg de la col·lectivitat i de la història. Era una permanència en la vida personal. Un lloc era un paisatge. Ara, els qui estudien l'evolució del paisatge mostren que la transformació s'ha accelerat tant que un lloc esdevé successivament diversos paisatges en el breu curs d'una vida personal. I això ens crea una sensació d'inseguretat, el que els anglosaxons diuen *placelessness*, o sigui, pèrdua de la referència en el lloc. El paisatge ja no és permanent, ha esdevingut un element mutant que canvia en el curs de la nostra existència.

Però el sentiment de pèrdua que experimentem en l'evolució del nostre paisatge no respon només a raons de psicologia individual, sinó també a una noció que els canvis accelerats que tenen lloc suposen també una minusvaloració dels valors del paisatge: el valor del paisatge com a patrimoni cultural històric, el valor estètic del paisatge, el valor del paisatge com a indicador de la qualitat ambiental, o bé com a recurs econòmic. Seguint amb el símil de la literatura i els trens, Italo Calvino escriu a *L'espèculazione edilizia* que en els anys cinquanta, quan tornava a la seva

casa familiar de la Ligúria, el plaer de retrobar el paisatge conegut (el mur, la figuera, la sínia, el gos) va anar sent substituït pel desconhort en constatar que la febre del ciment també s'havia apoderat de la Riviera. Percebem que en la transformació del paisatge no perdem només un referent personal, sinó també els valors que conté el paisatge.

Quins són aquests valors? En primer lloc, el paisatge és un patrimoni històric i cultural de primer ordre: és el llegat que ens han deixat les generacions precedents en el seu diàleg amb l'entorn. És una realitat física creada per la relació entre la societat i l'entorn, tal com la percebem. La noció de paisatge incorpora, doncs, tant una realitat física com una percepció, i això és el que fa tant interessant el paisatge, ja que la percepció és també canviant.

En segon lloc, el paisatge conté valors estètics. De nou, aquests valors evolucionen segons evoluciona la societat, ja que la noció estètica també canvia en el decurs del temps.

En tercer lloc, el paisatge, més enllà de la cultura, de l'escenografia, o de l'aparença, és també un indicador ambiental important. El paisatge expressa els processos ecològics subjacents i l'impacte de les accions humanes sobre aquests. Els ecòlegs ens diuen: potser no ens hauríem de preocupar tant per l'escenografia, i mirar més els processos que hi tenen lloc. Però això no nega pas la capacitat del paisatge d'actuar com a indicador ambiental.

I, finalment, el paisatge constitueix un recurs econòmic de gran importància que dona valor afegit a determinades activitats i forma la base de les activitats turístiques.

El paisatge conté, doncs, valors estètics, culturals, ambientals i econòmics. I la transformació que en aquests moments pateixen els nostres paisatges posa en risc la preservació d'aquests valors. És justament d'aquest risc d'on neix la necessitat de polítiques de gestió del paisatge.

Ara bé, les polítiques no sols han de tenir en compte la simple conservació del paisatge sinó, sobretot, la protecció dels valors paisatgístics. Si diem que el paisatge és fruit de la relació de societat i medi, com que la societat està cridada a evolucionar, és una quimera imaginar la immobilitat del paisatge. El que ens ha de preocupar és assegurar que, en l'inevitable procés de transformació, els valors paisatgístics, no només no siguin reduïts, sinó que siguin exaltats i ampliats.

Els objectius de les polítiques territorials

Només un determinat tipus de polítiques territorials pot assegurar avui el manteniment d'aquests valors paisatgístics. I és una política que necessà-

riament ha de contradir alguna de les tendències del mercat. Altrament, deixades a l'impuls del mercat, les dinàmiques territorials en el sistema capitalista d'avui tendeixen a posar en risc els valors paisatgístics. Unes dinàmiques territorials que es caracteritzen sobretot per tres tendències: (1) la dispersió de la urbanització sobre el territori, (2) la segregació de les activitats, i (3) la segregació social segons el nivell de renda.

Després d'un procés secular de concentració de població i activitats en l'espai, en la segona meitat del segle XX amb la millora del nivell de vida, de les infraestructures, amb l'increment de la motorització, etc., es produeix una tendència a la dispersió de la urbanització. I així, els nuclis de les àrees metropolitanes, que havien concentrat població i activitats, tendeixen a perdre una i altra, i en canvi, la urbanització s'escampa al seu entorn consumint més i més territori. Les nostres àrees urbanes tendeixen a fer-se més grans, cosa positiva perquè disseminen les possibilitats de la qualitat de vida urbana sobre un territori més ampli, però fomenten una dispersió i ocupació del territori. Aquesta dispersió va, a més, acompanyada d'una tendència a la separació dels usos en l'espai, de manera que tenim de forma creixent una separació en zones residencials, zones comercials, zones industrials o de lleure. Si l'ocupació de sòl implicava una transformació del paisatge per la urbanització, l'especialització determina una banalització del paisatge on cada lloc passa a ser per a un sol ús. Els paisatges urbans, en la sociologia clàssica, són interpretats des de la barreja, l'espai bigarrat, la noció paradoxal de la massa i la soledat de l'home en la massa, i la fascinació per la complexitat, la convivència de tot tipus d'estats i activitats. En espais de construcció recent trobem un canvi, cada vegada més sovint una juxtaposició de les activitats, amb les àrees residencials al costat dels centres comercials, els polígons industrials, els àmbits de lleure, i amb una mica de sort, allí al fons, els espais d'interès natural. Tenim urbanització, però no tenim ciutat. El paisatge urbà s'ha vist banalitzat. Francesc Muñoz, en la seva tesi doctoral que ho estudia i descriu, encunya el mot «urbanalització» per sintetitzar aquest procés.

Finalment, el tercer fenomen concerneix al fet que, degut a la dinàmica del mercat de l'habitatge, els diversos grups socials es veuen filtrats en la seva capacitat de fixar la seva residència en l'espai. Per tant, la segregació dels grups socials sobre el territori tendeix a incrementar-se. I així veiem que, per la dinàmica del mercat, pel filtre de la renda urbana, determinats barris tendeixen a especialitzar-se, no només funcionalment en un determinat ús, sinó també socialment en un determinat grup social.

Aquestes dinàmiques territorials tenen molts efectes. I en tenen també, i molt assenyalats, respecte de la conservació dels valors del paisatge

(patrimonials, ambientals, estètics o econòmics). Per tant, per si no fos prou la nostra preocupació per la sostenibilitat ambiental, per l'eficiència funcional o per la cohesió social, hi ha també raons de caire paisatgístic associades a cada un d'aquests termes per defensar un model alternatiu d'urbanització. Un model alternatiu que, davant dels processos de dispersió i banalització, reivindica el creixement en continuïtat, unes densitats enraonadament elevades i una distinció clara entre espai urbà i espai obert. El nostre model d'urbanització reclama compacitat davant de la dispersió, i complexitat i barreja d'usos davant de l'especialització. I també reivindica la importància que cada lloc pugui esdevenir un àmbit de redistribució social on visquin persones de diversos nivells de renda. Aquesta redistribució és important des del punt de vista de justícia social, però també ho és com una forma de qualificar la ciutat a través d'aquesta justícia social. Es tractaria de fer l'espai urbà més segur, més atractiu, més competitiu, mercès al fet que està integrat, cohesionat i és solidari des del punt de vista social.

En definitiva, és un model d'urbanització marcat per tres principis: compacitat, complexitat i cohesió. Aquest és el model que defensem i volem impulsar en l'organització del territori de Catalunya.

Les polítiques de protecció i gestió del paisatge

L'aplicació d'aquest model d'urbanització té connotacions paisatgístiques molt clares. Voldria explicar-ho amb uns exemples de les polítiques que intentem implementar en aquests moments a Catalunya. En primer lloc, cal veure quins són els instruments que precisem per tirar endavant un model d'urbanització d'aquest tipus. Ens cal la capacitat d'ordenar i encaminar algunes de les tendències espontànies de les dinàmiques territorials. I per fer-ho ens calen instruments de planejament, que a més, no siguin estrictament d'abast local, ja que les dinàmiques territorials a què fem referència són supralocals. Les tendències de la metropolitanaització afecten, per definició, àrees urbanes àmplies i cal un planejament acordat, cosa que fins ara no s'havia sabut, o volgut, fer.

La Llei 23/1983 de política territorial del Parlament de Catalunya ens diu, des de fa molts anys, quins han de ser aquests instruments. En concret diu que caldrà que hi hagi uns plans territorials que resolguin tres temes: (1) quines han de ser les principals infraestructures, bàsicament de mobilitat, (2) quins han de ser els sistemes d'assentaments i el seu desenvolupament, i (3) quin ha de ser l'espai obert i quin tipus de tractament volem donar-li. Això és el que diu la llei, des de l'any 1983, i que no hem fet fins ara. Això no obstant, ara ens hem compromès a tirar

endavant tots els plans territorials. En concret, aquest mateix mes (febrer de 2005) acabarem la redacció del Pla Territorial de l'Alt Pirineu i l'Aran, i el de l'Empordà. Properament, tindrem acabat també el de la Catalunya Central. Són plans que no volen donar resposta a tots els temes, quimera impossible, però sí que volen fornir acords sobre els tres grans temes esmentats: les infraestructures, l'espai obert i els assentaments. L'objectiu és el d'articular el conjunt de Catalunya sobre una xarxa urbana potent que preservi i respecti l'espai obert, una vegada s'ha vist que no hi ha contradicció entre el desenvolupament i l'enfortiment de les xarxes urbanes i la preservació dels valors del paisatge. Per contra, la dispersió de la ciutat és ensems la negació de la ciutat i la del paisatge. Així, els nostres plans territorials aposten fermament per la capacitat de creixement de nuclis urbans (per citar uns exemples, Sabadell, Terrassa, Manresa, Vic, Granollers, Mataró, Figueres, la Seu d'Urgell...), i no els d'aquests conjunts de cases unifamiliars que tots coneixem. El territori de Catalunya s'ha de veure com una xarxa urbana que sigui capaç d'estendre la qualitat de la vida urbana sobre el conjunt del territori sense urbanitzar-lo tot sencer. El territori de Catalunya es configurarà així com una ciutat formada per ciutats, una ciutat de ciutats.

Ara bé, els efectes d'aquests plans no són immediats, ja que s'han d'adaptar als planejaments municipals. I per això, ens ha calgut prendre algunes determinacions de forma immediata, allí on la pressió urbanística era més forta, com per exemple, en l'àmbit costaner. Així, el 5 febrer de 2004, just al cap d'un mes de prendre possessió, vam emprendre l'elaboració del Pla Director urbanístic del sistema costaner. S'hi preveu preservar 24.000 hectàrees de territori costaner, que comprèn tot el sòl que no estigui urbanitzat i que no tingui un pla parcial definitivament aprovat (sòl no urbanitzable, o urbanitzable no delimitat, i fins allà on hem pogut, el sòl urbanitzable delimitat sense planejament parcial aprovat). Això vol dir preservar del procés urbanitzador, a primera línia de costa, una superfície equivalent a 2,5 vegades el terme municipal de Barcelona. És l'intent de planejament supramunicipal més ambiciós des que es va fer el Pla General Metropolità l'any 1976.

També hem volgut actuar de manera immediata a la muntanya, començant per les tres comarques que coneixen una major pressió urbanística (Aran, Pallars Sobirà, la Cerdanya). En elles hem endegat plans directors urbanístics per encarrilar el desenvolupament de cadascun dels seus municipis.

Hem acabat també unes normes subsidiàries d'edificació per a municipis i nuclis de muntanya. Aquestes eren molt necessàries ja que fins ara passava sovint que municipis amb planejaments molt dèbils, però

amb el sòl ja qualificat, es trobaven confrontats a llicències de promotors privats, i tant si els agradava com si no, no podien fer altra cosa que donar-les ja que no tenien l'ordenança que els permetés orientar la qualitat arquitectònica de les noves edificacions i la seva inserció en el paisatge. Ara, si ho desitgen, es podran acollir a aquestes normes subsidiàries.

També hem volgut fer canvis importants respecte a la normativa. Aquí hem volgut avançar en tres fronts: la Llei de barris, una llei de cohesió urbana que intenta pal·liar els efectes de la segregació urbana sobre el territori i la societat. Tradicionalment, el joc de la renda del sòl tendeix a concentrar en determinats llocs els grups socials més pobres, i així es va creant un espiral viciós que acaba comportant la creació de *guetos*. El que tracta de fer la llei és garantir als ciutadans d'aquests barris que no permetrem que aquests processos impliquin el trencament de la cohesió social en cap barri de Catalunya. Es dona, a més, el sarcasme que, en molts casos, aquests barris ja havien transitat altres vegades des de la marginalitat fins a la dignitat. Sovint, són centres antics o zones urbanitzades als anys seixanta o setanta que, mercès a l'esforç col·lectiu dels veïns, ja havien aconseguit millores en l'espai públic, els equipaments, etc., i ara es troben abocats a una nova onada de marginació i empobriment. Davant d'aquesta situació, hem de dir als ajuntaments que estarem al seu costat. I també llancem un missatge al mercat: si algú es pensava que a través d'aquests processos el seu patrimoni es veuria devaluat, i per tant convenia vendre ràpid, corre risc de fer mal negoci. L'administració s'hi compromet tant que està disposada a gastar 800 milions d'euros en 4 anys en aquests barris. Aquest finançament serà capaç d'animar el mercat i generar el diferencial de la renda que permeti la rehabilitació de l'habitatge per part de promotors privats. Alguns ens poden acusar de «gentrificar» aquests barris, potenciant el recanvi de la població actual per nova població. Doncs bé, fins a cert punt és veritat, ja que estem contra els *guetos* i pensem que és bona la barreja social. Com que el problema és l'homogeneïtat absoluta i creixent de la seva composició social, el que cal és fer l'espai socialment tan complex com puguem. Però això és arriscat: introduir un ús i unes rendes potents és com posar la guineu enmig del galliner. El repte és de generar renda urbana que permeti fer rehabilitació privada i alhora proporcionar l'habitatge protegit i l'habitatge públic que eviti el desplaçament de la població que ja viu en aquests barris. Aquest és l'objectiu de la Llei de barris.

Això va seguir de la modificació de la Llei d'urbanisme. Aquesta té, com a primer objectiu, aconseguir que en cada nova promoció (també en les de millora urbana, és a dir, de rehabilitació) es generi obligatòria-

ment habitatge protegit. Estem davant d'una paradoxa formidable: mai no s'havia fer tant habitatge com ara, i mai l'habitatge havia estat inassequible per a un sector tan important de la societat. L'any 2004 es van construir 86.000 habitatges a Catalunya. En els darrers deu anys, se n'han construït més de 600.000 unitats, l'equivalent a una nova Barcelona. En canvi, sectors molt amplis de la societat tenen molta dificultat per accedir a l'habitatge. S'ha d'assegurar que una part rellevant d'aquest habitatge surti a un preu que no sigui el que marca el mercat. La modificació de la Llei d'urbanisme obliga els promotors a construir el 20-30% del sostre com a habitatge protegit. Un segon objectiu de la modificació de la Llei d'urbanisme és justament complementari, i preveu la preservació de l'espai obert, l'establiment clar del sòl que necessàriament s'ha de considerar no urbanitzable i quines han de ser les garanties per evitar la seva urbanització.

Finalment, aquest mateix mes (febrer de 2005), el Govern enviarà al Parlament el Projecte de Llei de gestió del paisatge. El Parlament de Catalunya es va adherir el desembre del 2000 a la Convenció Europea del Paisatge, pocs mesos després que es creés la Convenció a Florència. Això no obstant, traduir els seus principis en legislació positiva no ha estat fàcil. Ara, quatre anys després, finalment tenim el text de la Llei de protecció, gestió i ordenació del paisatge perquè el Govern l'apropi prou. Què proposa aquest projecte de llei? Bàsicament, portar a Catalunya els principis de la Convenció Europea del Paisatge, per fer tres coses que ens permetin millorar la gestió del paisatge. La primera, fer una diagnosi del paisatge, amb l'elaboració de catàlegs, la delimitació d'unitats paisatgístiques i la determinació de les seves qualitats i dels seus valors. Ja hi ha moltes iniciatives en aquest camp a Catalunya, i les hem volgut aplegar en un únic instrument: l'Observatori Català del Paisatge, on s'integren les set universitats públiques catalanes, les quatre diputacions, les federacions de municipis, la Fundació Territori Paisatge. En segon lloc, la llei impulsa a fer unes directrius de paisatge. Seria una quimera voler ordenar la totalitat del paisatge, però sí que hem de poder indicar, a través del planejament territorial, com volem que el desenvolupament urbanístic sigui compatible amb la preservació dels valors paisatgístics. Per això volem que, a partir de la identificació dels valors del paisatge determinades pels catàlegs, puguem establir unes directrius respecte al que es pot fer o no. Finalment, la llei indica la manera com fer unes quantes actuacions que permetin visualitzar unes bones pràctiques. Ja hi ha uns quants exemples, sorgits tant de la iniciativa local (exemple: la campanya «Barcelona, posa't guapa») com de la iniciativa privada (exemple: la impulsada per l'associació Terra Vitium pels

viticultors del Penedès). En aquest camp, més que un gran cos normatiu, el que ens calen són unes quantes accions exemplificadores.

Vet aquí, doncs, de quina manera em sembla que estan relacionats paisatge i política. Sense una política que permeti una gestió del territori destinada a fer-lo ambientalment sostenible, funcionalment eficient i socialment solidari, no hi ha preservació possible dels valors del paisatge. I viceversa, sense la consideració dels valors del paisatge, aquestes polítiques estarien inevitablement mancades.

L'entrada en vigor del protocol de Kioto: perspectives espanyola i catalana

Josep M. Baldasano

Catedràtic d'Enginyeria Ambiental
Universitat Politècnica de Catalunya

El 16 de febrer passat (2005) va entrar en vigor el protocol de Kioto, i d'aquí l'oportunitat de la present conferència. Als mitjans de comunicació sovint apareixen junts el canvi climàtic i el protocol de Kioto; cal destacar, però, que són coses ben diferents. El canvi climàtic és un fenomen d'abast planetari que té uns efectes globals d'alteració del clima i d'altres conseqüències molt importants, mentre que el protocol de Kioto és la reacció de la societat en aquesta història ambiental que els humans estem escrivint en els darrers anys.

L'efecte hivernacle fa que tinguem a la Terra una temperatura mitjana d'uns 15 °C. Si no hi hagués efecte hivernacle, la temperatura del planeta seria de -18 °C. El premi Nobel de química Arrhenius, ja a l'any 1896, havia publicat un article definint el terme «escalfament global» a partir d'un model simple en què es preveia que, si s'usaven combustibles fòssils, la temperatura podia augmentar. Les estimacions que ell va calcular en aquella època, sense ordinadors ni calculadores, són, sorprenentment, molt semblants a l'increment actual. El geòleg Chamberlain també va predir que hi podia haver un «canvi climàtic», terme que ell va encunyar, si s'usava intensivament el petroli.

Keeling va començar a mesurar CO₂ a Mauna Loa, Hawaii, l'any 1957. En quatre dècades de mesures s'ha vist com la concentració de CO₂ en aquest lloc remot del Pacífic passava de 315 ppm a les 380 ppm actuals. Aquestes dades han permès de veure que les concentracions de CO₂ i altres gasos d'efecte hivernacle han augmentat exponencialment en aquest curt període de temps. Per reconstruir el que havia passat en èpoques geològiques, s'han estudiat els registres de gasos en testimonis del gel de l'Àrtic i de l'Antàrtida. S'han pogut reconstruir sis cicles de glaciació complets en què s'ha vist que la concentració de CO₂ mai havia variat d'entre 180 i 280 ppm en el registre històric. També s'ha vist una evolució equivalent amb els pics de metà, entre 300 i 700 ppb. Aquests

resultats conformen part de la base de la teoria del canvi climàtic: juntament amb l'augment dels gasos d'efecte hivernacle hi ha un augment clar de la temperatura de la Terra. Una gran quantitat de dades i articles científics publicats en els quatre darrers anys confirmen aquesta dinàmica de canvi.

Ja centrant-nos en èpoques més properes, s'ha vist que des de 1860 s'ha produït un increment de la temperatura de $0,6 \pm 0,2$ °C en el planeta. Si ens remuntem al darrer mil·lenni, veiem un augment important, amb oscil·lacions intermitents, per a les quals no tenim explicacions clares. Una incertesa esgrimida pels militants antiescalfament és que les estacions meteorològiques normalment es troben dins del medi urbà, amb la qual cosa estan afectades pel fenomen d'illa de calor. Això s'ha contestat estudiant la variació de la temperatura en zones no influïdes per ciutats, que tenen el mateix valor d'increment de la temperatura. Un altre tema determinant per al IPCC (Grup Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic) ha estat el desenvolupament, des dels anys setanta, de models de circulació global, els anomenats GCM. Aquests models s'han usat per estudiar l'evolució de les temperatures en la seva variabilitat natural, afegint l'efecte de l'activitat humana. La suma dels dos efectes s'ha contrastat amb l'evolució real de la temperatura durant els dos darrers segles i d'aquesta comparació s'ha vist una correlació molt bona que indica un bon funcionament predictiu dels models. Els models s'han anat refinant: s'hi han anat incorporant processos no lineals, processos retroalimentadors positius i negatius que van compensant-se. Incorporen també valors llindar per a determinats processos per sobre dels quals es dispara la resposta. Recentment s'està coneixent també l'evolució de la temperatura del mar en els darrers 160 anys, amb el resultat que s'hi ha detectat un increment significatiu de la temperatura. Això és molt important ja que els oceans són sistemes que treballen acumulant energia en tant que l'atmosfera treballa dissipant energia.

Un altre aspecte a considerar és l'augment del nivell del mar que en els darrers 160 anys ha estat de l'ordre de 50 cm, degut als processos d'escalfament i de dilatació tèrmica. L'escalfament sembla ser no uniforme, i això porta a un procés accelerat de la pèrdua de gel, tant a l'Àrtic com a l'Antàrtida, i a les glaceres continentals de les serralades altes dels continents. A l'Antàrtida el gel se situa sobre el continent de manera que, quan desgela, l'aigua contribueix a augmentar el nivell del mar. Tant el desgel dels pols, com la pèrdua del permafrost (sòl congelat) de les latituds boreals són més accelerats del que s'havia previst inicialment. Això és important, ja que els gels de la zona àrtica han solidificat aigua però no contenen sals, i així la zona marina àrtica presenta habitualment

aigües molt denses (per la concentració de les sals no incorporades al gel) i fredes. Aquestes masses d'aigua denses s'enfonsen, donant inici al corrent termohalí. Els corrents marins viatgen en fondària per l'Atlàntic fins al cap de Bona Esperança, on giren i emergeixen en les aigües més càlides de l'oceà Índic i del Pacífic, aquí ja com a corrents temperats; aquests, en el seu retorn superficial, generen el corrent del Golf, que es dirigeix de nou cap a l'hemisferi nord i a l'Àrtic, on torna a començar el cicle. Si es dissol aigua dolça degut a la fosa dels gels pel canvi climàtic, tindrem aigües menys denses en els pols i es podria debilitar el seu enfonsament i desplaçament en fondària, de manera que la circulació termohalina es veïés molt atenuada. Aquest és l'escenari de la pel·lícula *El día de mañana*. El trencament de la circulació termohalina podria portar a un refredament del planeta, revertint l'escalfament climàtic actual. A nivell del seguiment de les glaceres, l'evolució del desgel és acceleradíssima: s'ha vist que la pèrdua de gel és exponencial.

Principals evidències científiques del canvi climàtic

S'ha vist un increment exponencial de les concentracions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera terrestre. L'augment d'avui respecte a principis del segle XX és del 35% per al CO_2 , del 155% per al metà, del 18% per al N_2O , i del 100% per als CFCs. S'ha documentat també de forma fefaent un augment de la temperatura de $0,6 \pm 0,2$ °C des de finals del segle XIX. El nivell del mar ha augmentat en el segle XX; també ha augmentat la seva temperatura i el seu contingut tèrmic. A més, s'ha vist una disminució d'un 10% de les superfícies de neu i gel en els darrers 30 anys. També hi ha una disminució de l'emissió de la radiació d'ona llarga emesa per la Terra cap a l'espai en base a mesures preses entre 1970 i 1997.

En els cicles estudiats en els testimonis de gel polar es detecten períodes de variació de la temperatura de diferent amplitud, corresponent a diferents moviments de la Terra entorn del Sol. És tracta de cicles de diferent amplitud (100.000, 41.000 i 19-23.000 anys), que en part podrien explicar certes tendències i que tenen la seva explicació en la teoria astronòmica de Milankovitch. De la constant solar només en tenim dades de les darreres dues dècades, però en aquest període no s'ha vist cap tendència clara de canvi.

D'altra banda, és clar que, des de 1860, el consum anual d'energia ha tingut una evolució exponencial. L'any 1998 el consum d'energia primària va ser de $9.580 \cdot 10^6$ tep (tones d'equivalents de petroli), de les quals el 80% provenien de l'ús de combustibles fòssils. Una part molt important del consum d'energia és deguda al procés d'urbanització que estem

viuint. S'estima que, a l'any 2030, el 60% de la població humana viurà en grans ciutats. Ara a la Xina, una ciutat de 4 milions d'habitants és considerada una ciutat mitjana. La concentració urbana dispara el consum d'energia fòssil. Les ciutats disperses americanes tenen uns consums disparats de benzina; el tipus de ciutat europea presenta consums més moderats, i el tipus modèlic és Hong Kong, que disposa d'un transport públic molt eficient i gasta poc en la mobilitat dels seus habitants. Podem dir clarament, que a dia d'avui, el factor urbanisme ha substituït al factor indústria pel fet de ser el motor del consum de l'energia i d'emissió de contaminants.

Actualment, en el món tenim unes emissions de l'ordre de 6,5 Gt de C anuals. La distribució del consum energètic no és uniforme en tot el planeta. L'Àfrica consumeix molt poc, Àsia està incrementant els consums, Europa els disminueix perquè els Països de l'Est els han baixat, mentre que els Estats Units tenen el consum més disparat. A Espanya, s'ha passat de consums molt minsos durant els anys quaranta en el període de recuperació de la Guerra Civil fins al moment actual, en què consumim més de 4.000 kWh/habitant/any. A Espanya, en els darrers 5 anys s'ha produït un increment anual del 5% de la demanda d'energia elèctrica.

També està en discussió el tema de canvi en els usos del sòl, per l'efecte segrestador de CO₂ que tenen els boscos en creixement. La vegetació ha augmentat a l'hemisferi nord però, per contra, ha disminuït a l'Àfrica, l'Àsia i a Llatinoamèrica.

Tot això ens porta a considerar els impactes potencials del canvi climàtic, sobretot per a l'espècie humana. Per exemple, el canvi climàtic desencadenarà la desertificació d'algunes zones, modificarà la disponibilitat de recursos hídrics amb una previsió de minva de la precipitació per a la península Ibèrica i canvis en la innivació, i repercutirà en la modificació dels hàbitats actuals de flora i fauna. Les zones costaneres tindran un risc d'inundació. També es comença ja a veure una modificació dels hàbitats d'espècies vectoriales de transmissió de malalties, amb el consegüent risc d'expansió d'aquestes malalties.

El problema del canvi climàtic interactua amb altres problemes ambientals, com la disminució del O₃ estratosfèric, la qualitat de l'aire, la desertificació, la disminució de recursos hídrics i forestals i la biodiversitat del planeta.

En general, les previsions del canvi climàtic indiquen que els estius seran més secs i càlids. Els episodis meteorològics seran més extrems, com va ser l'estiu del 2003, amb unes anomalies tan acusades a França.

Per al segle XXI les expectatives del IV informe de l'IPCC són que, a nivell global, l'augment de la temperatura mitjana sigui d'entre 1,4 i

5,8 °C, valors sobre els quals hi ha un ampli consens, ja que tots els models de canvi climàtic coincideixen en aquest rang de variació. S'esperen temperatures màximes més altes i més dies càlids, que portaran a un augment de la desertificació. Les pluges tindran un caràcter més torrencial. Algunes zones seran més plujoses i unes altres seran més seques. Hi haurà un més elevat risc de sequeres, a l'estiu. Aquests canvis en les condicions climàtiques repercutiran en una pèrdua important en el nombre d'espècies.

Cada cop és més clara la responsabilitat de l'home en tots aquests desajustos. Ara cal veure si l'home hi pot posar també remei. Ens podem preguntar: a quines concentracions de CO₂ podem ajustar el nivell de l'atmosfera de forma que moderem la corba d'increment de les temperatures? Ara estem a 380 ppm. S'ha calculat que, si volem que la temperatura augmenti només 2 °C en el segle XXI hem de retallar les emissions de CO₂ en un 50%. És a dir, es tractaria d'estabilitzar el CO₂ a 450 ppm en lloc de deixar que el CO₂ atmosfèric arribi a 650 ppm o més, com prediuen altres models. Una altra qüestió clau és la previsió temporal: s'havia previst que la resposta al procés de canvi seria més lenta. En canvi, ara veiem que s'ha accelerat.

És davant d'aquest panorama que sorgeixen les iniciatives de regulació. Malgrat que ara se'n parla molt dels acords de regulació i sembla que el tema sigui recent, ja fa 25 anys que s'hi treballa. L'any 1979 hi va haver la conferència del clima. L'IPCC es constitueix l'any 1980. El citat grup ha generat 3 informes i ara està preparant el quart. Al darrer informe, aparegut l'any 2001, l'evidència ja és prou clara per afirmar que el canvi climàtic prové de l'activitat humana. A la conferència de Rio de Janeiro de l'any 1992 es va aprovar el Conveni Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (UNFCCC), que va entrar en vigor 2 anys més tard. Posteriorment, a l'any 1997, a la reunió de Kioto es va assolir un primer acord, pel qual un conjunt de països desenvolupats acordaven reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle en un 5,2% per al període 2008-2012, prenent 1990 com a any de referència. Però, per aconseguir-ho, es van preveure els denominats mecanismes de flexibilitat. Serien: 1) la implementació conjunta de projectes amb països del nord d'Àfrica i l'Europa de l'Est, 2) mecanismes per a un desenvolupament net, que bàsicament són projectes de reducció d'emissions a Llatinoamèrica, i 3) el comerç del dret d'emissions.

Ara, amb l'entrada de Rússia en el grup de països signataris es compleixen les condicions (que el subscriuguin com a mínim 55 països, i que els que ho facin, sumin el 55% de les emissions dels països industrialitzats) per a l'entrada en vigor del protocol de Kioto.

El camí per reduir les emissions prové del 1997, quan 84 països acordaren el protocol de Kioto basat en els principis exposats a Rio de Janeiro el 1992. A Espanya, l'abril del 2002 es va ratificar el protocol per unanimitat dels parlamentaris. I, malgrat l'oposició dels Estats Units i Rússia a signar el protocol, la política ambiental de la UE es va mantenir ferma en el seu suport al compromís d'aplicar Kioto, encara que fos de forma unilateral i independentment de si el protocol entrava en vigor o no. La ferma posició de la UE ha suposat l'èxit d'aquest protocol, que consisteix en un compromís que conté unes obligacions que, malgrat que poden ser titllades de molt tímides, representen un punt d'inflexió a l'hora d'abordar el problema de les emissions de CO₂.

Segons el protocol de Kioto, la reducció de les emissions des de 1990 a 2008-2012 ha de ser d'un 5,2%, repartit en quotes específiques pels diferents països. La Unió Europea en conjunt ha de reduir-les en un 8%; Japó, en un 6%; Canadà i els Estats Units, en un 6 i 7% respectivament. Rússia i la Xina estan exempts de reduccions. Dins de la Unió Europea, també hi ha diferències per equilibrar les economies: Alemanya, el Regne Unit i Itàlia són els que fan un esforç més gran, mentre que a altres països se'ls permet augmentar les emissions. A Espanya se li permet augmentar un 15% les seves emissions. No obstant això, a Espanya tenim un creixement de les emissions desbordat: l'any 2004 Espanya és el país que té una desviació més gran respecte del valor acordat (+ 45%) d'entre els signataris del conveni de Kioto.

Al nostre país, fent una anàlisi dels diferents sectors que componen el patró d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, veiem que el sector de generació d'energia elèctrica ha crescut un 28% entre el 1990 i el 2001; la construcció, un 34%, el transport un 57%, la producció de minerals i metalls un 34%; la ramaderia, un 15%; l'agricultura, un 8%; la gestió de residus, un 86%, i el tractament d'aigües, un 35%, mentre que l'únic que ha disminuït és el sector químic. Això, doncs, ens presenta un panorama molt preocupant, principalment en el sector del transport i el de consum elèctric en el sector domèstic i de serveis, que conforma les denominades emissions difuses. Responsables: els cotxes i els habitatges.

El govern del PP no havia fet els deures. Havia negociat i aprovat Kioto, havia impulsat el protocol quan ostentava la presidència europea, però a casa no havia fet els deures. I ara, a partir de l'any 2004 es treballa per definir el Pla Nacional d'Assignacions. Aquest es basa en les emissions dels sectors següents: generació elèctrica, refinat de petroli, siderúrgia, ciment i calç, indústria ceràmica i del vidre, pasta de paper i cartró, i cogeneració. Per poder complir Kioto s'han assignat uns crè-

dits d'emissió a tots aquests sectors, que en total sumen 157 milions de tones de CO₂. Amb aquest Pla, essencialment no complim Kioto; però es tracta d'un intent pragmàtic d'ajustar l'increment de les emissions fins a un 24% l'any 2012.

Un dels reptes futurs és el que presenta el sector de la construcció. En el període 2000-2004 el nombre d'habitatges construïts va doblar el del període 1996-2000. S'han construït molts metres quadrats d'habitatge amb uns estàndards d'eficiència energètica molt primaris, que no tenen en compte criteris bioclimàtics i d'eficiència energètica. Això constitueix un llast enorme per al futur.

Si no hi hagués canvi climàtic, també ens hauríem de preocupar, ja que les reserves de petroli s'estan esgotant ràpidament, i aviat seran insuficients per a la demanda d'energia a nivell mundial. Amb l'emergència de la Xina i l'Índia, la demanda sobre el petroli ha augmentat enormement. De l'energia a nivell mundial, un 80% procedeix de combustibles fòssils, mentre que les nuclears i les energies renovables aporten només un 6,5% i un 14%, respectivament.

Així que, fins i tot si no hi hagués el protocol de Kioto, ens hauríem d'estar preocupant sobre el model en què es basa l'actual creixement socioeconòmic del món actual. I hem de tenir en compte que les noves tecnologies no sorgiran del no-res. Caldrà un període d'entrada, pel cap baix d'uns 20 anys, per adaptar la societat a una nova tecnologia energètica.

A nivell de Catalunya, també tenim unes emissions disparades, encara més que a Espanya. Les estimacions del 2003 estan en més d'un 70% d'excés respecte del permès per Kioto.

Ens podem preguntar: què és més car, aplicar Kioto o deixar que el planeta evolucioni cap a un canvi climàtic forçat? Una qüestió clau que cal tenir en compte és que el canvi climàtic és un torpede a la línia de flotació de l'actual model socioeconòmic. El tema té un component ambiental, econòmic i social, però es tracta sobretot d'un problema energètic.

I ja per anar concloent, recordem que ens trobem clarament dins d'un canvi climàtic induït per l'home, però que s'emmarca dins de la variabilitat natural del clima. Les conseqüències es presenten molt incisives en termes de salut, ecosistemes, recursos hidràulics, energia, flora, fauna i regions costaneres, amb una alta incertesa associada. El protocol de Kioto està totalment assumit per la Unió Europea i ha entrat en vigor el passat 16 de febrer de 2005, però hem de ser conscients que el seu abast és limitat (només un 5,2% de reducció). Tot i així, cal considerar Kioto com un primer pas i veure que el repte està en el que passi

amb posterioritat a l'any 2012. En relació al protocol signat, en aquest moment el comportament d'Espanya i de Catalunya no és optimista pel que fa a la seva responsabilitat específica de compliment.

Vivim amb un model socioeconòmicament esgotat, i ens hem de replantejar completament el futur de l'espècie humana, amb alternatives energètiques per a una població mundial de més de 6.500 milions de persones i que continua augmentant. Aquest és el vertader repte.

La contaminació acústica en àrees urbanes

Vicenç Sureda

Àrea d'Espais Naturals
Diputació de Barcelona

Singularitats de la contaminació acústica. Els seus paràmetres físics i socials

El soroll és una barreja complexa de sons que, a part de transmetre informació sobre el medi, ens molesta (si un soroll no molesta no és percebut com a soroll, sinó simplement com un so). D'aquí en deriva una reflexió: ens trobem davant d'una forma de contaminació particular amb un component subjectiu molt accentuat d'agressió personal. Els psicòlegs i sociòlegs en parlen en molts aspectes com un constructe social. La Dra. López Barrios diu: «La resposta de les persones als sorolls està afectada per sentiments, per filtres personals i culturals, per significats i per símbols que permeten parlar d'una dimensió subjectiva que es superposa a la realitat objectiva».

El soroll té altres particularitats: és una forma d'energia mecànica que no té caràcter acumulatiu ni permanència temporal i es dissipa ràpidament. No s'incorpora a cicles ni fluxos de matèria i energia en un sentit ecològic i, bàsicament, té un caràcter local amb efectes propers a les fonts. Pertanyeria a la categoria de les formes de contaminació «energètiques» (altres exemples en són la contaminació lumínica, la de radiacions electromagnètiques, o la contaminació tèrmica).

En el procés de percepció i resposta de les persones al soroll convergeixen, per tant, la matriu física del fenomen acústic, determinada fonamentalment per la seva intensitat, la seva freqüència i la seva durada, i una matriu social, determinada al seu torn per factors com el context, el grup social al qual pertany el receptor, la procedència del soroll, la valoració social de la font, la sensibilitat al soroll, l'estat d'ànim, la memòria d'experiències passades, etc. Tota aquesta constel·lació d'elements condiciona la resposta dels receptors, que és especialment complexa en l'àmbit de les àrees urbanes.

La sonoritat és la magnitud percebuda del so, que depèn de la seva intensitat, freqüència i durada. La nostra oïda percep pressions acústiques d'entre 20 mPa i 20 Pa, valor en què se situa el llindar del dolor. Com que l'oïda no respon de manera lineal als canvis d'intensitat del soroll, el que es fa per mesurar el soroll és utilitzar els logaritmes de la intensitat i la pressió acústica. En lloc de parlar de pressió acústica, parlem de nivells, amb els decibels com a unitat de mesura. Un decibel es podria definir com la mínima variació de pressió sonora perceptible per l'oïda, i per tant correspondria als 20 mPa esmentats, i varia en una escala logarítmica. Per exemple, en el cas del tràfic, si reduïm els vehicles d'una via a la meitat només aconseguirem baixar 3 decibels, pel caràcter logarítmic de l'escala dels decibels. O per reduir 10 decibels el nivell equivalent de soroll, caldria reduir el trànsit en 10 vegades.

Pel que fa a la freqüència acústica, el nostre rang d'audició està entre 20 i 20.000 hertz, i la veu humana se situa entre 200 i 4.000 hertz. Les freqüències altes suposen sorolls aguts, més molestos. Les freqüències baixes es propaguen molt més i són, per tant, molt més difícils d'aïllar. La diferent resposta de l'oïda a les diferents freqüències ha obligat a introduir les corbes de ponderació. Aquestes donen pesos relatius diferents a les freqüències acústiques en funció de la sensibilitat específica de l'oïda humana. L'anomenada corba de ponderació A és la més utilitzada per al soroll, perquè s'ajusta millor a la percepció de les freqüències que tenen les persones i discrimina positivament les freqüències mitjanes, entre 1.000 i 4.000 hertz.

La sonoritat també depèn de la durada. En general, si volem avaluar el soroll d'un carrer, caldrà fer una mesura integrada, ja que el soroll fluctua en el temps. Per integrar el soroll en un període s'introdueix el L_{eq} , que és el nivell de pressió acústica equivalent, o el nivell equivalent a l'energia mitjana de soroll en un període determinat. Aquest és el paràmetre utilitzat per fer els mapes sònics, ja que expressa l'energia mitjana durant un període d'interès. A partir d'aquestes mesures es poden també donar els percentils de nivell equivalent (L90 que representa el soroll de fons, o L10 que representa les puntes de soroll). L10-L90 configuren el «clima de soroll», que s'ajusta molt bé a la noció de «molèstia». L10-L90 és una resta; quan hi ha més tràfic la diferència entre les puntes i el soroll de fons és menor. A Barcelona, aquests índexs estan entre 14 i 20; als carrers molt transitats (> 25.000 vehicles-dia) el valor és més baix i en els pocs transitats és més alt. En general, de nit és bastant més alt que de dia.

Un altre tema de caràcter tècnic interessant és que els nivells de soroll es poden mesurar directament amb un sonòmetre, però també es poden simular a partir d'algorismes específics. Els models predictius de soroll

són de gran utilitat per a la gestió del soroll en àrees urbanes i en infraestructures, amb el trànsit com a problema principal de soroll. Els algorismes estan basats en un model de font, generalment de caràcter semiempíric, que assigna una potència acústica a cada tram de carrer i que compta com a dades d'entrada la capacitat de vehicles, la seva tipologia i la velocitat, i un model de propagació (que té en compte les condicions de l'entorn). De models de font n'hi ha tres de molt utilitzats (l'alemany, l'anglès i el francès), però és aquest darrer el que ha recomanat la Unió Europea.

Els instruments de simulació ens aproximen territorialment als efectes de la mobilitat sobre el soroll, i permeten preveure com afectarà qualsevol variació del funcionament del trànsit en àrees urbanes i en les infraestructures a la distribució espacial del soroll.

Els usos del sòl, la mobilitat i el soroll urbà

Precisament, ens interessa analitzar el funcionament de les àrees urbanes, que ve condicionat, en primer lloc, pel que anomenem model territorial. Aquest model estableix els esquemes de mobilitat de les persones i les mercaderies. Els usos del sòl determinats pel planejament urbanístic són la peça bàsica del model territorial; a un segon nivell, trobem la gestió de l'espai públic i de les activitats ciutadanes. Es tracta, en definitiva, de les arrels de la producció del soroll.

En aquest marc ens trobem amb dos esquemes bàsics: el model funcionalista i d'urbanització dispersa, i la ciutat multifuncional i compacta. Podríem dir que a la regió metropolitana de Barcelona ha anat guanyant terreny un model funcionalista i dispers, i a Barcelona ciutat, en canvi, es manté un model raonablement compacte. El model funcionalista es basa esquemàticament en l'especialització dels usos del sòl per àrees (cada tipus d'activitat al seu lloc), i en l'ocupació extensiva del sòl que indueix un procés que s'ha anomenat, amb raó, de «rururbanització de l'espai», amb assentaments de baixa densitat. Molt simplificadament, aquest model es caracteritza per la seva ineficiència en termes energètics i en el consum de recursos, entre ells el sòl, i per anar acompanyat d'una demanda sense límits de mobilitat i de les seves corresponents infraestructures, que obliga a la dedicació predominant de l'espai a aquesta finalitat.

Com a contraposició a aquest model funcionalista i d'urbanització dispersa, «de les llargues distàncies», va progressant el discurs de la multifuncionalitat de l'espai, de la proximitat, de la barreja d'usos, que s'ha denominat de la ciutat compacta, i en el qual l'espai públic pren prota-

gonisme, no com a mer canalitzador del trànsit, sinó com a potenciador de les relacions i l'intercanvi d'informació entre les persones en un sentit ampli. Aquest segon model, molt més eficient energèticament, i molt més sostenible, minimitza la necessitat de mobilitat en automòbil, i per tant, el soroll induït pel trànsit, principal font urbana de soroll. Però no resol, en principi, el soroll ocasionat per les altres activitats ciutadanes, ni el soroll convivencial i de veïnatge.

Aquí hi ha un tema interessant de debat: quins elements són necessaris per tal que, en el marc de la ciutat compacta, es doni solució satisfactòria al soroll provocat per la barreja d'usos i la multifuncionalitat de l'espai? I també, com adequar les estratègies basades en la zonificació i la fixació d'objectius de qualitat acústica per a cada zona, en què es basen les estratègies actuals, amb la dinàmica territorial pròpia de la ciutat compacta, on la mixticitat és un valor prioritari?

El que hauríem de retenir és que la dinàmica territorial i el model de mobilitat actuals han suposat una enorme ampliació de les causes que motiven el desplaçament en cotxe i un augment del temps dels desplaçaments, tant en incrementar-se la distància entre activitats, com per fenòmens de saturació. Tot això ha tingut com a conseqüència un increment del soroll.

D'altra banda, s'imposa cada cop amb més força l'anomenada «mobilitat en núvol», en substitució progressiva de la «mobilitat pendular», en la qual els recorreguts són repetitius (casa-treball-casa; casa-serveis-casa). La mobilitat en núvol respon precisament a la multiplicació de les causes de mobilitat per motius de consum, d'oci, de les noves formes productives i de distribució. Per tant, va perdent sentit l'anàlisi clàssica sobre la mobilitat obligada, que és substituïda progressivament per aquesta «mobilitat quotidiana en núvol».

En tot cas, la dinàmica territorial i el model de mobilitat actuals han suposat un augment enorme de les causes que motiven els desplaçaments en cotxe i, per tant, els sorolls. Un estudi de l'any 2004 de l'Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona indica que dins de la ciutat, s'ha de destacar, entre altres coses, el pes de la dita mobilitat dels professionals, aquells l'activitat dels quals depèn prioritàriament dels desplaçaments (transportistes, comercials, distribuïdors de mercaderies i serveis...). Suposen 1.300.000 desplaçaments/dia a la Regió Metropolitana de Barcelona (RMB), i a més, sobretot a la ciutat central, creen problemes específics en relació als fluxos de vehicles, la circulació..., i el soroll. De mitjana, aquest sector tan important per a l'economia de l'RMB, fa 15 desplaçaments diaris per persona. Els fluxos de trànsit de mercaderies tenen una importància cabdal, tant per la seva influèn-

cia a l'interior (trans-in), com en relació amb altres destinacions (trans-out). Una gran part dels processos congestius de mobilitat en les àrees denses i els seus accessos són atribuïbles a la distribució minorista de mercaderies, amplificada per les noves formes de comerç (e-comerç, furgonetes magatzem, serveis a domicili, etc.).

A la ciutat de Barcelona, d'una manera global, el total de vehicles-quilòmetre recorreguts diàriament ha passat en 20 anys de 10.500.000 a prop de 14.000.000, és a dir, un 33% més, a raó d'un 2,5% d'increment anual acumulatiu. Els desplaçaments de la població general més la dels professionals ronda actualment els 6 milions de desplaçaments diaris.

Més del 30% dels desplaçaments de la població general són interns-externs, de manera que l'ocupació de l'espai públic i el soroll generat pels desplaçaments «de pas», amb destinació o origen fora de Barcelona, representen la tercera part del total. Aquests desplaçaments s'efectuen majoritàriament amb transport privat, en contrast amb els desplaçaments interns BCN-BCN, on només el 20% es fa amb vehicle privat, és a dir, la meitat dels desplaçaments que es fan a peu, i quasi la meitat dels que es fan en transport públic. Això vol dir que un 55% dels desplaçaments en vehicle privat són interns-externs, i un 45% es fan a l'interior de la ciutat.

Barcelona té 1.275 km de carrers que es distribueixen en 6 nivells de trànsit i soroll. Les rondes tenen la intensitat més alta de tota la ciutat; altres vies de molta intensitat són les principals vies d'accés, com la Diagonal, la Meridiana, la Gran Via o el carrer Mallorca. A continuació vénen les vies de connectivitat de primer nivell que comuniquen els diferents districtes de la ciutat. En total, les Rondes, més les 13 vies d'accés, més les 43 vies de connectivitat entre districtes concentren el 55% dels desplaçaments i el 55% dels vehicles-quilòmetre. Aquestes dades confirmen la importància del model territorial metropolità del que parlàvem en relació amb la mobilitat.

Estratègies urbanes per a la qualitat acústica

El marc normatiu vigent, juntament amb la pràctica en els municipis, ha anat confegint l'estratègia actual per a la lluita contra el soroll en àrees urbanes. Tenim tres tipus d'instruments bàsics de caràcter tècnic, molt importants. En primer lloc, els que fan referència a la cartografia acústica (els mapes de soroll, mapes de capacitat acústica, etc.). En segon lloc, la zonificació, és a dir, la distribució del territori en àrees diferents en funció dels objectius de qualitat acústica establerts per a cada àrea. En tercer lloc, els instruments normatius reguladors, singularment els de caràcter local.

D'altra banda, hi ha un seguit de sectors d'intervenció per aconseguir millorar la qualitat acústica fins arribar a uns objectius prefixats. Aquests sectors d'intervenció són de tres tipus: en primer lloc, les mesures de caràcter preventiu que fan referència a instruments que afecten el planejament territorial i urbanístic, a la planificació i gestió de la mobilitat, a l'avaluació ambiental, i a la concessió de llicències i autoritzacions. En segon lloc, els paquets d'actuacions correctores com l'establiment de zones especials de protecció en determinades àrees, la limitació de l'emissió de les fonts, el codi tècnic d'edificació i verificació acústica, etc. En tercer lloc, tot allò que té a veure amb qüestions de caràcter social i cultural. Per molta normativa i incidència de l'administració, si no és amb un consens de participació social, amb un pacte social, no s'aconseguirà disminuir la contaminació acústica.

Comentaré a continuació alguns d'aquests elements estratègics. En primer lloc com a instruments de planificació i prevenció del soroll tenim els mapes de soroll. Aquests mapes donen una distribució detallada dels nivells equivalents de soroll (L_{eq}) a les ciutats. Els mapes poden estar fets a partir de models de simulació o de models sonomètrics que es basen en la mesura concreta en una sèrie de punts. En el mapa sònic de Barcelona de l'any 1998 es veuen les zones més «calentes» quant a soroll, situades a l'Eixample, la Diagonal, la Gran Via, la Meridiana, els carrers Mallorca i València. Això no obstant, el 51% de l'espai públic es troba en zones inferiors a 65 decibels, una situació plenament acceptable pel que fa al soroll. Per sobre de 75 decibels el soroll ja és francament desfavorable. En la franja de 65 a 75 decibels hi trobem el 6% de l'espai.

En el segon mapa sònic de Barcelona, amb tècniques millorades respecte a l'anterior, s'ha efectuat un càlcul més ajustat de la població exposada. S'ha vist que el 66% de la població es troba en zones per sota de 65 dba, mentre que un 34% està per sobre d'aquest llindar i, per tant, afectat d'un nivell alt de soroll. Si en lloc de considerar l'exposició de la població en general es consideren només els vials, es veu que el soroll és molt més alt, el 57% de les vies estan per sobre de 65 dba.

Quan comparem els dos mapes, veiem que en el seu conjunt no s'ha produït massa variació. S'observa una lleugera disminució en els carrers més sorollosos, però en canvi, han augmentat els valors entre 65-75 dba un 15% durant el dia.

Una de les preocupacions més importants de la Unió Europea és la de mantenir informada la població, i això es pot dur molt bé a terme mitjançant la difusió dels mapes acústics. Amb les noves tecnologies, es poden posar els mapes acústics en els webs dels ajuntaments i així, els ciutadans poden fer les consultes per Internet molt fàcilment. Per exemple,

Londres i París així ho han fet. A París fins i tot es pot veure l'estimació del soroll en les façanes dels edificis.

A partir dels mapes acústics es pot treure informació rellevant, com per exemple, donar els percentatges de trams de carrer per sobre o per sota de 65 dba (dia) o 55 dba (nit), i comparar-los entre ciutats. En aquest exercici, València en surt molt mal parada, ja que gairebé totes les hores del dia estan per sobre de 65 dba, i el 90% de les de nit. A Madrid es sobrepassa els 65 dba en un 70% aproximadament dels carrers i a Barcelona, en un 50%. Saragossa i Bilbao són més tranquil·les, amb només un 15% dels carrers per sobre dels 65 dba. De nit, els valors límits són superats molt més acusadament, un 90% a Madrid, i un 80% a Barcelona. Saragossa i Bilbao, tot i que continuen sent més tranquil·les, de nit el soroll afecta fins al 40% dels carrers.

Durant molts anys únicament les ordenances municipals regulaven el tema dels sorolls, en una situació clarament excepcional dins del camp de la legislació mediambiental. A partir de l'aparició de la Directiva Europea contra el soroll de l'any 2002 han proliferat les normatives. El soroll ha adquirit un estatus equiparable a la contaminació atmosfèrica, o de l'aigua. Pel que fa a la Directiva, cal destacar que va ser molt difícil de tirar-la endavant. La Directiva no estableix valors límits de soroll ambiental, que queden en mans dels estats. Aquests estan obligats a fer abans del juny de 2007 els anomenats mapes estratègics de soroll. Per al 2008 s'han de preparar plans d'acció. A més, tota aquesta informació s'haurà de posar a disposició de la població.

A Espanya, la Ley de Ruido va sortir l'any 2003. Poc abans havia sortit la llei catalana. La Ley de Ruido introdueix una classificació del territori molt detallada en 7 tipus d'àrees acústiques atenent a l'ús predominant del sòl. El govern estatal estableix els objectius mínims de qualitat acústica en cada àrea. El govern també determina els valors límit d'emissió i immissió i els mètodes d'avaluació. Es creen zones de protecció acústica especial i s'anuncia com a imminent el Codi Tècnic de l'Edificació per tal d'incloure un sistema de verificació acústica de l'aïllament de les edificacions.

Pel que fa a la Llei catalana de protecció contra la contaminació acústica, comparteix amb l'anterior la mateixa filosofia bàsica però fa una zonificació més suau: determina tres tipus de sensibilitat al soroll (baixa, moderada i alta) i segons el tipus s'aplica una protecció respecte del soroll. També crea zones d'especial protecció de la qualitat acústica, zones amb nivells acceptables i que convé conservar. Amb aquesta llei, els ajuntaments tenen l'obligació de crear mapes de capacitat acústica.

Eines locals per lluitar contra el soroll

En aquesta última part de la meva exposició, vull fer uns breus comentaris sobre tres elements que considero clau per afrontar els problemes induïts pel soroll en àrees urbanes, i que tenen un abast específicament local: la producció i gestió de l'espai públic, la gestió de les activitats susceptibles de presentar molèsties per soroll, i, finalment, l'establiment i desenvolupament de plans d'usos de caràcter urbanístic per a la seva prevenció. Els tres estan fortament relacionats, i, al meu parer, conformen els tres eixos fonamentals per a les estratègies municipals. Crec que així ho està entenent en aquests últims anys l'Ajuntament de Barcelona.

La gestió de la mobilitat té implicacions quant al desig de donar més protagonisme als vianants. La tendència de les grans ciutats, i, entre elles, crec que Barcelona n'ha estat aquests últims 10 anys un excel·lent exemple, s'orienta a la recuperació d'espai al transport privat en benefici de l'espai de relació i ús convivencial (utilització transversal dels carrers i les places). Les zones per a vianants, les àrees de trànsit pacificat, les zones d'accés regulat, la creació d'aparcaments i iniciatives de «peatge indirecta» de caràcter dissuasori, o l'actuació sobre el mateix disseny vial limitant les possibilitats d'utilització per a l'automòbil a través d'intervencions sobre el paviment, sobre el mobiliari urbà, etc., són algunes de les mesures de gestió de l'espai públic que s'han de continuar prioritant i potenciant, així com també s'ha de continuar reforçant, tal com s'ha fet aquests últims anys, la policentralitat del teixit urbà.

En definitiva, la qualitat acústica ve condicionada per la gestió municipal de l'espai públic. Per tant, dues estratègies són la millor garantia per a la millora de la qualitat acústica: 1) continuar i intensificar les polítiques de ciutat productores d'espai públic multifuncional i de creació i consolidació de noves polaritats urbanes, generant noves operacions de recuperació (de reciclatge) de sòl, aprofitant els projectes de reurbanització i rehabilitació, invertint i modificant les prioritats d'ús a favor dels sectors ciutadans majoritaris, com els vianants, protegint, si és necessari, àrees afectades per l'impacte de la mobilitat amb solucions constructives minimitzadores de l'impacte de grans infraestructures etc., i 2) prioritzar el manteniment i la millora contínua de la qualitat urbana d'aquests espais, que és condició imprescindible perquè es produeixi la seva apropiació social efectiva, el que suposa també, per cert, la limitació del soroll estructural fins a nivells raonables.

Un altre gran capítol té a veure amb la gestió de les activitats econòmiques a la ciutat, algunes de les quals polaritzen la majoria de les queixes veïnals per soroll. Crec que avui es pot dir que els municipis compten

amb instruments potents de control, tant preventius com correctors. Una altra cosa és que l'aplicació d'aquests instruments sigui òptima i la disposició de recursos tècnics i humans sigui suficient per poder aplicar-los rigorosament. En tot cas, les activitats no poden autoritzar-se si es preveu que provocaran un increment del soroll ambiental per sobre del valor guia de la zona aprovat per l'Ajuntament, i, a més, l'obtenció de la llicència municipal obliga a presentar un estudi previ d'impacte acústic. La revisió de la llicència es preveu cada 8 anys, tot i que es pot avançar en funció que la contaminació originada per l'activitat ho faci convenient o si es produeix una variació important del medi receptor.

Es a dir, tot un paquet de mesures d'un fort caràcter preventiu, que es completen amb l'exercici de la capacitat inspectora de l'Ajuntament en qualsevol moment, per iniciativa pròpia o per denúncia pública de la part afectada, i que poden suposar l'aplicació del règim sancionador previst, que inclou la imposició de mesures cautelars, fins a la mateixa suspensió o clausura de l'activitat.

Destaquem, per acabar, un altre instrument local molt potent: la normativa específica sobre activitats i establiments de concurrència pública de Barcelona, i, sobretot, els plans especials d'establiments de concurrència pública, coneguts com a plans d'usos dels districtes. Aquests plans despleguen les normes urbanístiques del PGM, i per tant tenen naturalesa urbanística, i ordenen la relació entre diferents activitats i usos del districte. L'ordenació es fa a través de l'establiment de zones de tolerància de diferent categoria, i zones de restricció.

Penso que els plans són realment un instrument molt adequat per prevenir el soroll d'activitats que concentren i atrauen el públic, però que sobretot cal utilitzar amb una visió clara del model de ciutat que es desitja, per evitar el risc d'una excessiva especialització de l'espai a les diferents zones de la ciutat.

El repte es pot concretar a buscar permanentment l'equilibri per aconseguir l'encaix del model de ciutat diversa, multifuncional, policèntrica i raonablement compacta, de la qual parlàvem, de la qual Barcelona n'és un bon exemple, i en la qual l'espai públic n'ha de ser protagonista, amb la protecció i la millora de la qualitat acústica que a vegades se'ns presenten com a objectius contraposats. Aquest encaix pot ser complex, i de fet ho és en alguns barris de Barcelona. Però, en tot cas, l'aposta de les àrees urbanes cap a la sostenibilitat comporta, entre altres coses, fer propostes i emprendre actuacions, també complexes, per avançar.

La contaminació química: el cas del riu Ebre a Flix

Pere Masqué

Departament de Física-ICTA
Universitat Autònoma de Barcelona

El nostre Grup de Física de les Radiacions de la Universitat Autònoma de Barcelona va dur a terme, juntament amb investigadors del CSIC (del Centre d'Investigació i Desenvolupament i de l'Institut de Ciències del Mar), un treball d'investigació sobre l'afectació per contaminants orgànics i metalls pesants en els medis aquàtics a Catalunya. Vam estudiar rius, llacs, els Pirineus, els deltes i, en particular, i és el que ve a tomb avui, el riu Ebre a Flix.

L'embassament de Flix està aigües avall de l'embassament de Ribarroja, i se situa a uns 90 km de la desembocadura de l'Ebre. A la vila de Flix s'hi ubica el complex químic d'Erkimia, una empresa del sector químic molt important. Als anys quaranta es va construir una presa en el riu Ebre a Flix per generar energia per a l'empresa aprofitant el desnivell d'aigua. L'empresa, fundada a finals del segle XIX, va començar a rutllar a principis de segle XX. Durant aquest període ha patit molts canvis, ha anat creixent i s'ha diversificat. Erkimia ha estat i continua essent una empresa molt rellevant en el món químic del nostre país i a Europa. Bàsicament, la producció de l'electroquímica de Flix tindria 3 grans apartats: 1) la indústria relacionada amb el clor (síntesi del Cl i de productes clorats), 2) la fabricació de compostos orgànics, dels quals n'hi ha una gran diversitat, i finalment, 3) el fosfat bicàlcic, produït a partir de la fosforita i utilitzat en la síntesi de pinsos. Alguns dels principals compostos que ha fabricat la planta des dels anys 1940 fins ara són: el DDT (fabricat fins als anys 1970, ja que després es prohibeix), els PCB, o el fosfat bicàlcic.

Fa anys que se sap de l'existència d'una zona on s'abocaven els residus de l'empresa directament al riu. Un cop construït l'embassament, aquests es llençaven a les aigües embassades, tal com s'aprecia en fotografies aèries, on es veuen uns lòbuls groguencs de sediments a les sortides de les canonades que descarreguen els residus. Una reconstrucció

publicada al diari *El Periódico* assenyalava la posició dels residus emergits i, al seu davant, la dels residus submergits al fons del riu. Els residus submergits representarien com a mínim entre 200.000 i 400.000 tones de materials abocats. Els perfils batimètrics realitzats en el nostre estudi mostren també el rebliment de la llera en la zona propera a la central.

A finals dels anys 1990 es van fer uns primers estudis en els quals es va analitzar la presència de contaminants (bàsicament metalls pesants i organoclorats) en els sediments superficials de l'embassament, i ja s'apreciaven uns nivells molt més elevats que els mateixos de sistemes naturals. L'any 1999 vam mostrejar, a més, els sediments davant de la planta, mostrant que ens va permetre fer una primera aproximació al problema. Vam trobar una composició molt variable depenent de la dinàmica sedimentària i dels abocaments químics. Per entendre el procés de sedimentació vam intentar datar els sediments amb la tècnica del ^{210}Pb .

El ^{210}Pb es produeix de forma natural i té un període de semidesintegració de 22.3 anys (és a dir, en el seu procés natural de desintegració, cada 22.3 anys només en queda la meitat). Aquesta propietat s'utilitza per datar: la corba de disminució de la concentració en profunditat en un testimoni de sediments permet deduir-ne l'edat. Això no obstant, en el treball de Flix aquest procediment no va poder ser utilitzat. Les concentracions eren molt més elevades del que haurien de ser i no es distribuïen en l'habitual perfil de disminució exponencial en fondària. Per aquests motius no va ser possible de fer-lo servir per donar una edat ni per entendre la història de la contaminació en la zona.

En canvi, amb el ^{137}Cs , un element radioactiu artificial derivat de les explosions nuclears als anys cinquanta i seixanta, vam poder donar unes edats relatives, que situaven els abocaments a partir dels anys cinquanta i seixanta, però fou molt difícil de precisar més.

El fet de trobar altes concentracions d'elements radioactius en els sediments de Flix té a veure amb la producció del fosfat bicàlcic a partir de la fosforita. De la roca, a través d'un procés industrial en les instal·lacions del complex electroquímic, se'n produeix el fosfat bicàlcic, que és el que es fa servir per al pinso del bestiar. Però durant aquest procés es produeixen uns residus que tenen uns continguts radioactius més elevats que els naturals. La fosforita, en origen, conté ^{238}U i altres isòtops radioactius, d'origen natural, en concentracions elevades. Els residus generats en el tractament de la fosforita contenen, doncs, part de la radioactivitat derivada d'aquests compostos radioactius, i, en conseqüència, s'hauria de plantejar de tractar-los en plantes especials de tractament de residus radioactius. Si més no, no haurien de ser abocats a la llera del riu. En les empreses de Flix això no es va fer així. Les concen-

tracions d'alguns dels radionúclids en els fangs abocats a l'embassament de Flix són d'uns 2 o 3 ordres de magnitud més elevades que les típiques de sediments de riu.

Així, en els nostres estudis dels sediments trobem que les concentracions de ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{238}U i altres isòtops augmenten de forma molt acusada a partir de cert nivell de fondària en el perfil (Ra i Pb fins a 10 000 Bq/kg; Po, U, Th fins a 1 000 Bq/kg). En canvi, en les aigües del riu, les concentracions d'aquests elements radioactius no és tan alta. Val a dir que, si només ens basem en el que regula la legislació vigent, el fet que hi hagi uns nivells de radioactivitat més o menys alts en un riu no és necessàriament un problema, a menys que se superin unes determinades concentracions regulades per la Unió Europea en una normativa recent. Així, aquesta normativa determina els nivells màxims del que es pot abocar. Si els residus superen aquests límits s'han de portar a tractar adequadament en plantes específiques. Si comparem els nostres resultats amb els valors límit veiem que només són superats en els casos de pics de màxima concentració. Per tant, es podria dir que, en general i a dreta llei, no se superen els límits.

El problema, tanmateix, és que estem parlant d'uns abocaments d'una magnitud molt considerable: com hem dit, com a mínim d'entre 200.000 i 400.000 tones de sediments. Si en lloc de les concentracions ens fixem en les quantitats, resulten unes quantitats ingents d'elements radioactius en una zona determinada d'un riu. I això és un perill.

Aquest mateix raonament també seria aplicable als metalls pesants i als compostos organoclorats. De mercuri en trobem concentracions 100 o 1.000 vegades superiors als nivells naturals. De cadmi i crom en trobem concentracions de 10 a 100 vegades les dels nivells naturals. Els nivells de níquel i zinc no són tan exagerats però són igualment molt elevats. El principal problema és, altre cop, la quantitat. Fent un càlcul groller del crom pur que es trobaria en el sediment ens dona de 40 a 60 tones, i per al mercuri de 10 a 20 tones.

En els compostos organoclorats trobem uns nivells exageradament elevats, fins i tot per al DDT, que es va deixar de fabricar fa uns 50 anys. Sorprenentment encara avui el trobem en concentracions força elevades en els sediments superficials.

Cal dir que aquests sediments estan dipositats a l'embassament, i en principi no hi ha constància que s'hagin vist significativament lixiviat aigües avall. Les preses reguladores del cabal construïdes aigües amunt i avall de Flix lamine i regulen el flux de l'aigua. Això no obstant, no es pot descartar que en un moment donat es produeixi una avinguda amb força suficient per remoure els sediments.

La pregunta és: què passa aigües avall de l'embassament? Estudis preliminars mostren que el tram baix del riu Ebre hauria rebut part d'aquests contaminants, malgrat que no hem estudiat aspectes importants com les aigües del delta, la vegetació de ribera o els conreus d'arròs.

En els sediments del riu, els nivells dels elements radioactius són normals, del mateix ordre que els habituals en condicions d'absència de contaminació en un riu. Cal dir, però, que el riu Ebre és erosiu, no s'hi acumulen els sediments. En canvi, trobem mercuri i cadmi i contaminants orgànics en concentracions més elevades que els valors naturals, però no tan alts com a Flix.

Comparant amb l'estat de contaminació en altres rius de Catalunya, veiem que a la xarxa fluvial catalana hi ha molts punts conflictius, degut a la industrialització o a la proximitat de ciutats importants. Però ni a Flix ni a la resta de Catalunya no es detecta contaminació per radionúclids en els sediments dels rius. En canvi, per al mercuri hi ha punts dels rius Congost o Besòs que tenen uns nivells de contaminació similars als de l'Ebre. Tanmateix, els seus cabals són molt diferents: amb un cabal de $600 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$, el riu Ebre supera de molt el cabal dels altres. I el fet que, tot i el cabal que porta, no sigui capaç de diluir el senyal dels contaminants, indica la importància de l'abocament.

Vist tot això, en traïem unes conclusions clares:

1) les concentracions dels contaminants orgànics en els sediments de la bossa de residus acumulats a l'embassament de Flix són de l'ordre de 100 vegades més elevades que els valors més alts trobats en la literatura; 2) també destaquen els nivells de metalls pesants (Hg, Cr, Zn, Ni, Cd), i 3) respecte del tema de la radioactivitat, podem dir que els nivells són superiors als valors naturals. Les concentracions observades estan a la frontera del permès per la legislació vigent, però mirat en termes de quantitat, estem parlant de centenars de milers de tones de sediments. Això fa que la quantitat de radioactivitat sigui important. Inicialment no hi havia legislació sobre això. Després, quan n'hi hagué, l'empresa no declarava que els residus fossin radioactius. Només a partir de l'any 1986 l'empresa va deixar d'abocar oficialment a l'Ebre i els sediments es van començar a portar a l'abocador de la Pubilla de Flix. Tenim, doncs, aquests dipòsits d'anys de desídia en l'embassament. Finalment, cal remarcar que és necessari conèixer què passa aigües avall. De moment no sembla que hi hagi un problema amb els nivells radioactius dels sediments. En canvi, observem indicis de contaminació significativa en Hg, Cd, i DDT en sediments dipositats a punts específics aigües avall.

També cal destacar que la contaminació per metalls pesants, contaminants orgànics o elements radioactius a Flix és important en termes de

quantitat. Si a això hi sumem que l'Ebre és un dels rius més cabalosos del Mediterrani, estem parlant de centenars de milers de tones de contaminants situats a només 90 km de la desembocadura. I a més a més, en una zona socioeconòmicament molt important.

Aquestes característiques fan que l'Ebre sigui un cas únic a Europa (i possiblement en el món) quant a la magnitud del problema de contaminació. I això demana una actuació ràpida. Actualment (quan estem escrivint aquestes ratlles, gener del 2006) ja s'ha pres la decisió respecte a què cal fer amb la bossa de sediments contaminants. Si bé l'opció de tapar els sediments, tot impermeabilitzant-los i aïllant-los, semblava que seria l'escollida, finalment s'ha decidit extreure'ls, tractar-los, reduir-ne el volum i portar-los a un abocador apropiat.

Aquest treball que hem presentat avui se centrava en els contaminants químics a l'embassament de Flix i en els sediments del riu Ebre. Avui, però, ja s'ha ampliat l'estudi per investigar la qualitat de les aigües del riu, la fauna, els sòls i els productes agrícoles en un projecte d'investigació finançat pel Ministeri de Medi Ambient i el Departament de Medi Ambient de la Generalitat i encarregat al CSIC, en el qual hi participen una quinzena de grups de recerca catalans. Amb aquest estudi es pretén saber exactament el nivell d'afectació actual d'aquesta zona, i, a més a més, establir una situació de partida o de referència per poder detectar potencials esdeveniments de contaminació produïts per una remobilització del material durant les activitats de regeneració de l'embassament. Es tracta d'un estudi absolutament necessari per conèixer millor i així poder protegir amb eficàcia una zona, la del Baix Ebre i el seu delta, amb uns valors naturals i socials destacadíssims que cal preservar.

Agricultura i medi ambient a l'Amèrica Central

Joan Franch

Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia: CREAM
Universitat Autònoma de Barcelona

En aquesta presentació exposaré part de la meva experiència recollida en diverses estades a l'Amèrica Central durant els darrers 10 anys. Presentaré una descripció general de la regió, seguida d'un breu resum dels sistemes agrícoles emprats i finalitzaré amb una referència a dues situacions concretes: l'agricultura en pendents i la frontera agrícola.

La regió

Amèrica Central té una extensió d'uns 500.000 km² repartits en 7 estats (Guatemala, Belize, Hondures, Nicaragua, Panamà, Costa Rica i El Salvador). En total, a l'Amèrica Central hi viuen uns 32 milions d'habitants, el que dona una densitat de 64 habitants km⁻². D'ells, uns 6,5 milions són indígenes repartits en 24 ètnies diferents. El Salvador és el país amb la densitat de població més alta (288 habitants km⁻²). A l'altre extrem tenim Nicaragua, amb només 34 habitants km⁻². Aquesta baixa densitat és deguda al fet que el país té àmplies regions inhòspites i boscoses. Guatemala i Hondures tenen uns percentatges de població rural superiors al 50%, i el percentatge de població indígena s'apropa també a aquest valor.

L'Amèrica Central és una regió políticament inestable. Una relació dels darrers esdeveniments mostra que a Hondures hi ha hagut una dictadura fins a l'any 1982. A Guatemala, una guerra de baixa intensitat de 36 anys ha causat 1 milió de morts, la majoria indígenes. A El Salvador, l'any 1992 va acabar una guerra de 12 anys, amb molta guerrilla urbana (no van morir-hi gaires indígenes ja que a El Salvador aquesta població ja havia quedat summament reduïda a partir d'unes grans matances ocorregudes l'any 1930). Nicaragua va ser sotmesa a la dictadura de Somoza fins a l'any 1979, quan es produí la revolució sandinista. Aquesta fou seguida d'un període de contrarevolució fins a l'any 1990. Costa Rica i Panamà han gaudit relativament de més calma. En gene-

ral, l'esquema seria el d'una zona amb una elevada conflictivitat i moltes guerres internes. La causa d'aquestes guerres es podria adjudicar a un enfrontament per la terra. L'àrea té una economia agroexportadora, i des de finals del segle XIX, els exportadors s'han basat a anar ocupant progressivament més i més terrenys per a les plantacions de cotó, sucre o cafè. Aquesta classe dominant va establir lleis per desposseir els camperols que sempre havien usat les terres, aprofitant-se de la seva manca de documentació sobre els terrenys. Això va empènyer els camperols cap a zones perifèriques dels respectius països, cap a unes terres poc apropiades per a l'agricultura.

Pel que fa al clima, la franja centreamericana es pot dividir en dues parts: la que dona a l'Atlàntic, que es pot considerar com a clima tropical humit, i la que dona al Pacífic, de clima tropical sec. A les dues bandes, les temperatures són aproximadament uniformes al llarg de l'any, però la precipitació presenta un gradient d'est a oest, amb intensitats més altes en el sector oriental durant bona part de l'any.

Es tracta d'una zona freqüentment sotmesa a fenòmens naturals que han causat diversos tipus de desastres. Amèrica Central es troba prop del límit d'una placa convergent i, per tant, es veu afectada per una forta activitat sísmica i volcànica. D'altra banda, es tracta d'una llenca de terra molt estreta entre dues enormes masses d'aigua, els oceans Atlàntic i Pacífic, el que fa que climàticament sigui força inestable. Els huracans, com tots sabem, hi són malauradament molt habituals. Periòdicament, el fenomen d'El Niño pot provocar bé inundacions, bé sequeres molt perllongades. En els darrers trenta anys han estat destacables el terratrèmol de Managua de l'any 1972, que va devastar la ciutat i mai més s'ha tornat a reconstruir; l'huracà Joanna de l'any 1988, que va afectar la part atlàntica de Nicaragua, i l'huracà Mitch del 1998. Recentment, també cal recordar el terratrèmol d'El Salvador. En síntesi, podem parlar d'una zona maltractada, tant pels conflictes militars com pels fenòmens naturals.

El PIB s'ha ressentit de tots aquests problemes. A Nicaragua, des de l'any 1975 al 1997, el PIB ha baixat a la meitat. El PIB de Nicaragua, d'Hondures i El Salvador és aproximadament la meitat del de Panamà i Costa Rica, cosa que sembla indicar el paper dels conflictes bèl·lics en les economies respectives.

Els sistemes agrícoles

Mitjançant unes breus pinzellades intentaré descriure els principals sistemes agrícoles de la regió, conscient que amb això em veuré obligat a simplificacions que per a alguns poden resultar excessives.

	Inversor Terratinent	Finquer	Camperol	Indígena	Migrant a ciutat
Agricultura intensiva	XXX	X			
Cafetar	XXX	XXX	X		
Ramaderia extensiva	XXX	XX	X	X	X
Agricultura en pendent		XXX	XXX	XXX	
Tombar i cremar			XXX	XXX	
Agricultura de frontera			XXX		
Plantacions	XX	X	X	X	
Agricultura urbana i periurbana					XXX

Tipus d'agricultura practicat pels diversos actors. El nombre de «X» simbolitza la importància de cada un dels tipus d'agricultura per als diversos actors.

El tramet simbolitza la destinació de la producció:

Agroexportació

Subsistència

Mixta

A la taula adjunta, enumero els principals tipus d'agricultura rellevants a la zona i els actors socioeconòmics que els practiquen. He organitzat els actors de més a menys poder econòmic. En el primer lloc de la jerarquia trobem els terratinents o inversors (grans propietaris de terrenys), seguits pels finquers, que són amos de propietats d'entre 15 i 150 hectàrees. En un escalafó més baix tenim els camperols, que conreen finques de 0-10 hectàrees. A continuació vénen els indígenes que no són propietaris de la terra, ja que el sistema indígena es basa en la propietat comunal, i finalment camperols sense terres i els migrants a la ciutat, que no tenen res però s'espavilen per trobar petits hortets en mig dels barris.

Pel que fa als sistemes agrícoles, parlariem d'una agricultura intensiva (amb l'arròs, el sucre, el blat de moro, o el cafè d'ombra, plantat sota d'arbres, com a principals productes) i de ramaderia extensiva. Aquest tipus de ramaderia és molt poc eficient: produeix només 2-3 L de llet per dia durant 7 mesos a l'any. Pel que fa a l'agricultura de subsistència, s'han de considerar 3 situacions: agricultura de pendent, agricultura de tombar i cremar, i agricultura de frontera, tot i que aquestes actuacions no són completament estanques i presenten interseccions

entre elles. L'agricultura de pendent és la que es fa en zones inclinades de vessant de muntanya. L'agricultura de tombar i cremar consisteix a tallar arbres poc abans que arribi l'estació humida, i deixar-los assecar, per cremar-los abans que comencin les pluges. D'aquesta manera, les cendres de la crema alliberen nutrients que fertilitzaran la terra. La sincronització amb les pluges és important ja que si es crema amb massa antelació es corre el risc que el vent s'endugui les cendres. La fertilitat obtinguda així s'esgota en un parell d'anys, cosa que obliga a cremar en noves parcel·les. Aquesta gestió també es fa en pendents, i en aquest cas s'afegeix el risc de l'erosió del sòl. Per agricultura de frontera ens referim a la que exerceixen importants masses de camperols sense terra que van entrant i tallant a la zona boscosa del tròpic humit, i així van ampliant els territoris agrícoles.

Els inversors i els terratinents són importants com a cafetalers, i també en ramaderia extensiva per a exportació. El finquer és important pel que fa a producció de cafè, i en l'agricultura intensiva, encara que menys que el terratinent, i també en la ramaderia extensiva. El camperol fa cafè i ramaderia en petites explotacions que molt sovint no donen per poder exportar. La resta seria agricultura de subsistència, que és practicada pels camperols, els indígenes i els migrants a les ciutats. L'agricultura de subsistència és la que dona de menjar a la població rural, aproximadament la meitat de la població; però s'ha de fer en els llocs menys adequats: en terrenys pendents, tombant i cremant o en terrenys de frontera. És a dir, per al consum propi s'han de fer servir terrenys marginals, i en canvi, els millors sòls són per a l'exportació. I així tenim que els productes per a l'alimentació de la major part de la població d'Amèrica Central s'estan produint fonamentalment en terrenys marginals no aptes per a l'agricultura. Això constitueix un gran problema des del punt de vista ambiental, però també des d'una perspectiva política i social.

Per centrar ja el tema a Nicaragua, la banda costanera del Pacífic, amb clima tropical sec, conté territoris plans amb alguns volcans. Els sòls són fèrtils, ja que la terra volcànica és molt adequada per a l'agricultura. A la franja central hi ha una cadena muntanyosa, on trobem terrenys en pendent. A la part atlàntica ens trobem en la regió del bosc tropical humit que, fins fa unes dècades, encara era força tancat i poc explotat.

En els sòls fèrtils s'hi fan monoconreus que es destinen a l'exportació. Els efectes que tenen els conreus d'agroexportació són els habituals en conreus intensius: l'ús abusiu d'agroquímics i l'erosió. L'ús d'agroquímics s'incrementa pel fet que hi ha poca regulació o poca capacitat institucional per garantir el compliment de les normatives.

En els terrenys en pendent es fa cafè o agricultura de subsistència, i ramaderia extensiva. Pel que fa al cafè, l'estil de conreu té, generalment, efectes positius. La major part es cultiva a l'ombra, el que el fa menys productiu ja que baixa la densitat de la plantació; però d'altra banda, aquesta pràctica protegeix el terreny de l'erosió i permet d'augmentar la biodiversitat. Als cafetars, en l'època de la collita s'ocupen molts petits camperols com a jornalers, cosa socialment beneficiosa. Per contra, un efecte negatiu és que, en separar el gra de la clofolla, es produeixen molts residus orgànics. L'acumulació d'aquests residus produeix les *aguas-mieles*, aigües molt riques en matèria orgànica i nutrients, que en arribar a la xarxa fluvial provoquen l'eutofització dels rius.

L'agricultura de subsistència i la ramaderia extensiva no utilitzen productes agroquímics però tenen un impacte ambiental molt important ja que són els causants de bona part de la deforestació, de l'erosió i de la pèrdua de fertilitat, és a dir, de l'inici de la desertització en algunes conques.

Agricultura en pendents

Segons la FAO, els països d'Amèrica Central tenen com a principals conreus el blat de moro, el *sorgo-millón*, l'arròs, el *frijol*, el cafè, o bé pastures. El blat de moro i el *frijol* constitueixen la part essencial de la dieta dels camperols i d'una bona part de la població urbana. La major part dels conreus d'aquests aliments (per exemple, el 65% del blat de moro i el 70% del *frijol*) es fa en terrenys de pendent en el conjunt dels països d'Amèrica Central. Per tant, la pressió que reben aquests terrenys és molt gran. Aquest tipus d'agricultura la fan els finquers i els camperols. Però mentre els finquers fan, per ordre d'importància, cafè, ramaderia i els grans bàsics, els camperols necessiten els aliments bàsics, i per tant, fan agricultura de subsistència i ramaderia.

En el cas dels finquers, la tinença de la terra està documentada i, per tant, no tenen massa litigis jurídics per la propietat de la terra. Això els representa un estímul per invertir i, a més, és una garantia per respondre al banc en cas de necessitar crèdits. Les propietats són de mida mitjana, i en els moments de molta feina, aquests finquers tenen capacitat de contractar mà d'obra. En el cas dels finquers amb propietats petites aquestes solen presentar una agrobiodiversitat considerable que contrasta amb la que mostren les grans propietats ramaderes que teneixen a implementar els grans finquers. Per exemple en una finca moderada, ocupant un terreny d'unes 20 hectàrees, podem trobar diversos conreus de fruiters, camps d'herba de dall per alimentar els animals a

l'estiu, i un hortet, anomenat «patio», al voltant de la casa, en una interessant diversificació. De tota manera, el que dóna més diners és el «rubro» silvopastoril, el cafè i el *frijol*. Aquestes explotacions han mostrat, recentment, una potencialitat esperançadora en el tema de turisme rural.

Les explotacions més grans, majoritàriament centrades en la ramaderia, tot i que tenen conreus, en la seva major part es dediquen a pastures. Aquests mantenen una certa vegetació arbòria, en un paisatge semblant a les deveses amb pastures laxament arbrades, i un relleu suau amb estanys on s'acumula aigua de pluja per abeurar els ramats.

Agricultura camperola

Un dels principals problemes de l'economia camperola és la forta pressió demogràfica. La població és molt jove (l'edat mitjana és d'entre 16 i 18 anys) i, en gran part, sense escolarització. La pressió demogràfica obliga a usar per a l'agricultura sòls que no són apropiats, bé perquè són massa pendents, bé perquè són poc fèrtils. Un problema afegit és el de la manca de llavors. A partir del programa *Libra por libra* i d'altres similars, el camperol havia de donar una lliura de la seva llavor per obtenir a canvi una lliura de llavors millorades juntament amb adob. Però el programa durava 2-4 anys, i quan s'acabava, el camperol es trobava amb una llavor que no li servia de res i, a més, no disposava d'adobs. Les antigues llavors adaptades a les condicions del seu terreny les havia perdut i generalment es trobava mancat de prou diners per comprar nova llavor. El problema següent del camperol eren els crèdits: si els papers de la titularitat de les terres no estaven en condicions reglamentàries, aquests no se'ls concedien. Però a més, en cas de concedir-se, aquests eren crèdits «enverinats», ja que en molts casos no es podien tornar i aleshores els bancs procedien a l'expropiació de les terres.

En general, els crèdits es donen a un interès alt i un termini curt. El termini per tornar-los finalitza en el moment de la collita, i així, si la collita no ha estat bona, els crèdits no es poden tornar. En molts casos finalment s'ha de comprar més car allò que un mateix ha venut.

Un altre problema ja s'ha esmentat anteriorment: la crema de rostits en pendent, el que provoca una pèrdua de fertilitat. La pèrdua de fertilitat força a anar desforestant per aconseguir nous terrenys productius, però a la llarga desemboca en collites migrades i acaba generant una situació de pobresa. Amb aquest sistema s'exerceix una forta pressió sobre els recursos naturals. El cicle s'inicia amb la desforestació per fer agricultura, la desforestació genera una pèrdua de biodiversitat i de fertilitat

dels sòls. La pèrdua de fertilitat genera baixos rendiments, i això porta a pobresa, violència i emigració. La migració implica anar cap a noves zones i continuar desforestant.

A gran escala, aquesta desforestació també ha tingut com a conseqüència la degradació de les capçaleres de les conques fluvials. L'alteració de la hidrologia ha generat la modificació de les pautes del règim fluvial i les sequeres o les inundacions s'han fet habituals. Això afecta l'agricultura i el transport per riu, que en moltes parts constitueix l'única via de comunicació. S'exporta pobresa riu avall en una retroalimentació del cicle suara esmentat.

Alternatives

Degut al fet que la indústria és molt escassa a la regió, no hi ha alternatives per absorbir els camperols empobrits. Les opcions que es consideren són bé convertir-se en marginal urbà, o bé en camperol de frontera. Això no obstant, potser hi ha una altra opció: la de passar de l'agricultura de subsistència a l'agricultura de resistència. Canviant només una paraula, donem una nova significació. Subsistir vol dir sobreviure, aguantar fins demà. Resistir vol dir aguantar fins demà però potser amb certa dignitat, amb un horitzó de benestar i amb ànim de lluita i superació. S'ha obert una nova via, recentment, d'organització de camperols en moviments d'agricultura de resistència. Són programes com l'anomenat de *campesino a campesino* que compten amb tot tipus de patrocinadors. Amb aquests programes es pretén augmentar l'autoestima del camperol com a base d'un nou estímul per treballar. Un altre aspecte és la recuperació i revalorització dels coneixements autòctons. Com que s'ha produït tanta emigració, molts dels coneixements tradicionals s'han perdut. Amb aquests programes s'intenta recuperar els coneixements de la gent gran, dipositaris d'una tradició adaptada a l'entorn.

Un altre aspecte és el de promoure l'experimentació camperola, les visites de finques i les trobades d'experimentadors. Aquest plantejament parteix de la base que la major part de la recerca que es fa a les universitats i als centres de recerca, tant públics com privats, no resoldrà els problemes dels camperols, ja que s'investiga la forma d'incrementar la productivitat d'unes varietats i l'ús d'unes tecnologies que no són adequades per a les seves explotacions. La recerca camperola aporta tecnologies apropiades a les condicions en què es troba el món camperol. Es generen també bancs de llavors, de granes autòctones, mitjançant el compromís que el camperol, en fer la collita, lliuri la llavor a un banc comunitari a canvi d'una remuneració econòmica. Els agricultors poden

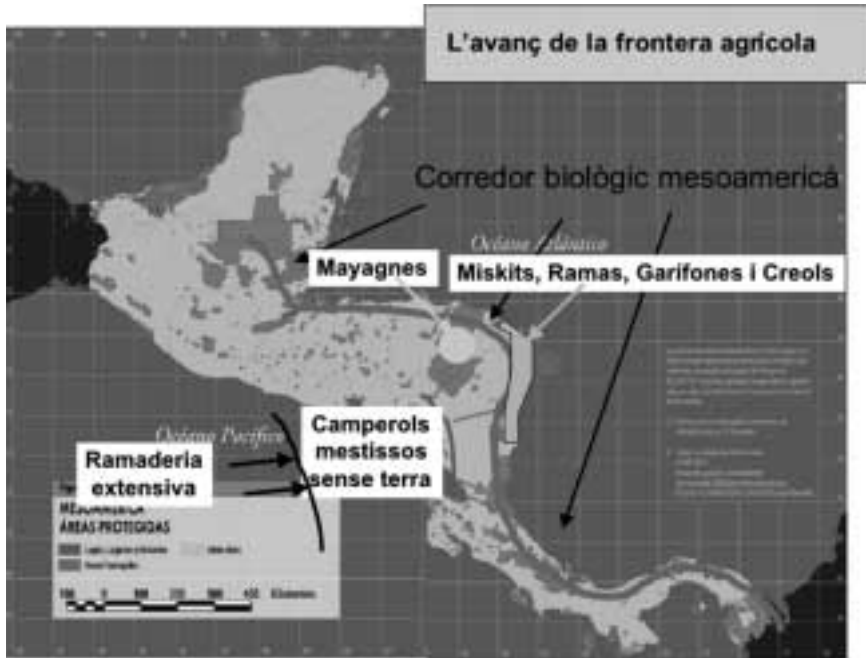
comprar al banc de llavors comunitari amb un lleuger sobrepreu per pagar el manteniment del banc, però així són independents de les empreses agrícoles i dels bancs i obtenen sobirania alimentària.

Aquests programes busquen també promoure una visió sistèmica de la finca, intentant que tot estigui interrelacionat: uns productes, com per exemple, els excrements d'animals, el compost de residus vegetals, o l'adob de lleguminoses, poden ser l'input per a una altra part de la finca.

També s'estimula la diversificació dels conreus, tot associant conreus compatibles. Així disminueixen els riscos de perdre collites per plagues i s'incrementa la humitat del sòl ja que aquest es manté cobert durant tot l'any. Al voltant de les cases s'hi conreen petits horts. Podem també diversificar, plantant plantes medicinals, aromàtiques, insecticides biològics i productes de consum. També la reforestació en zones de les finques permet evitar l'erosió del sòl i aporta combustible per a la cuina i fusta per a les construccions.

El camperol de frontera

El fenomen de frontera agrícola és un avenç de camperols pobres sense terres que van de la zona d'agroexportació i de les d'agricultura en pendents, d'on es veuen expulsats, fins a la zona de boscos humits tropicals de la zona oriental. Empesos pels ramaders, els camperols pobres sense terra van envaint els terrenys dels indígenes. El procediment funciona de la manera següent. La ramaderia és un dels «rubros» agroexportadors més importants i gaudeix d'una sèrie d'avantatges fiscals i privilegis. Però els vaquers necessiten més pastures a mida que incrementen el nombre de caps de ramat. Desforestar és una feina costosa, i els va molt bé que els camperols pobres facin la feina de tallar els arbres. Els camperols entren en el terreny de frontera, però aquest terreny només és bo per a una o dues collites. Aleshores, els camperols pobres només tenen una opció: avançar. Si un camperol obre terreny en el bosc, pot accedir a la propietat; però en haver perdut aquest la fertilitat, molt sovint la venen als ramaders, i amb el guany, compren alguns caps de bestiar, una forma d'inversió que els apropa al seu somni de convertir-se ells mateixos en ramaders. En anar avançant i desplaçant la frontera del bosc, van entrant en terreny dels indígenes. La trobada entre els camperols pobres i els indígenes és plena de conflictes, tant per l'ocupació del territori, com per la incompatibilitat en la seva manera d'organitzar-se. Els grups indígenes són els mayagna (10.000-12.000 indígenes), i els miskits (120.000) i els ramas (quasi extingits). Els creols són el principal grup d'afroamericans, però hi ha també una presència important de garífonas.



L'indígena té una cosmovisió i una manera d'entendre l'existència totalment diferent de la del camperol pobre. Mentre que aquest està esperant ser ramader algun dia, els indígenes tenen propietat comunal. Els indígenes encara fan una explotació de molts nínxols diferents: pesquen al mar, pesquen en llacunes, tenen petits ramats, són caçadors, agricultors i recol·lectors de productes del bosc. Si els que entren li trinxen la seva font de recursos, el bosc, evidentment, esclata el conflicte. Això passa actualment a àmplies zones del vessant Atlàntic (vegeu el mapa), justament, una zona que es mantenia com a potencial corredor biològic mesoamericà, que queda doncs compromès per aquest procés.

Any rere any va avançant la frontera agrícola, formant el que s'anomena la nova frontera agrícola. Aquesta zona està rebent població de la vella frontera agrícola, de les antigues zones de camperols de pendent i dels latifundis ramaders extensius de la banda del Pacífic. En aquesta zona hi ha una densitat de població molt baixa, i molt males comunicacions terrestres, el que obliga a fer la major part del transport per riu, però les alteracions recents dels usos del sòl també han alterat el règim fluvial. Hi viuen indígenes i camperols pobres, que fan agricultura de tombar i cremar i tenen una ramaderia extensiva molt poc productiva. Els indígenes ocupaven una àrea que fou la que va quedar indemne des-

prés de les colonitzacions espanyola i britànica. Viuen en grups molt petits a les vores dels rius, usen els materials de l'entorn per a la construcció i les eines. Coneixen moltes espècies d'ocells i peixos que usen per a la seva alimentació, i que cacen amb arcs i fletxes. S'anomenen a si mateixos els guardians del bosc, i consideren que estan sent envaïts pels camperols de frontera. Tenen alguns conreus riu amunt. El dels miskits és el grup indígena més important. Els miskits viuen a la part atlàntica, vora el mar i s'expandeixen per les ribes dels rius. Viuen molt de la pesca, en especial de la tortuga. Ara, les mesures de conservació de les tortugues els afecten en els seus hàbits de consum i demanen compensacions per abstenir-se de caçar-les. També practiquen una modesta agricultura, i usen productes del bosc; en general, unes activitats poc agressives i que, si no incrementa la població, són sostenibles.

D'altra banda, els camperols mestissos, a mesura que van entrant progressivament en aquests terrenys, provoquen un efecte devastador en els ecosistemes forestals. Tallen de tot, fins i tot arbres amb una gran vàlua forestal. El seu somni, aconseguir prou vaques per poder tenir una bona cabana emulant l'*hacendado*, els empeny endavant en un front destructiu de selva i poblacions indígenes. Vet aquí un dels conflictes ben vius al dia d'avui a Amèrica Central.

Restauració dels sòls degradats

Josep M. Alcañiz

Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia i CREAM
Universitat Autònoma de Barcelona

Aquesta presentació versarà sobre els problemes de degradació dels sòls a Catalunya i de les possibilitats que tenim per restaurar-los, posant alguns exemples de la nostra experiència en restauració mitjançant l'aplicació de fangs de depuradora i altres esmenes.

El sòl no s'ha d'entendre merament com un terreny que suporta activitats humanes, sinó que hem de considerar-lo en una concepció més ecològica i global com un sistema natural viu que realitza funcions biològiques importants. El sòl és un recurs natural que recobreix la major part de la superfície terrestre i que permet el desenvolupament de la vida en el planeta. Es tracta d'una capa molt prima, fràgil i molt vulnerable a algunes actuacions humanes. D'altra banda, el sòl ha estat intensament utilitzat per l'home des de temps històrics. S'ha d'entendre també que és un recurs natural limitat en extensió i en capacitat de produir, i s'ha de gestionar tenint en compte que és un recurs natural no renovable degut a l'enorme lapse de temps necessari per a la seva formació.

Entre les funcions que realitza el sòl, organitzades des del punt de vista ambiental i amb les implicacions socioeconòmiques que comporta, destaquen:

1. És el suport dels ecosistemes terrestres, i com a tal, imprescindible per a la conservació de les espècies que hi habiten.
2. Té un paper molt important en els cicles biogeoquímics terrestres, especialment de nutrients importants com el N, P.
3. És el lloc on es dona la major part del cicle de descomposició de la matèria orgànica i actua com a reservori de C orgànic que es manté estable en forma d'humus. Aquest aspecte ha pres gran rellevància recentment, per l'intens debat sobre com reduir les emissions del C.
4. Fa funcions de magatzem d'aigua i de filtrat i depuració dels contaminants que hi puguin haver a les aigües.

5. Des del punt de vista econòmic, el sòl és la base per a la producció de fibres i aliments.
6. I finalment, el sòl constitueix el suport dels assentaments humans.

Actualment, al sòl també se li demana que recicli molts dels residus que generem, tant ramaders (purins) com urbans, entre els quals es pot incloure els fangs de depuradora que tractaré més endavant.

Amb la recent expansió de les activitats humanes pel territori, hi ha una forta pressió per la utilització d'aquest recurs, a resultes de la qual es produeixen importants conflictes d'usos. Molt sovint, un mal ús del sòl comporta la seva degradació. Un sòl degradat seria aquell que ha perdut la seva capacitat per fer alguna de les funcions abans esmentades.

Un cop vist que la utilització del recurs sòl comporta un risc de degradació, haurem d'utilitzar-lo d'acord amb les seves aptituds. Cal tenir en compte que cada sòl té unes aptituds diferents. Com que hi ha una gran diversitat de sòls, hem de conèixer bé les seves característiques i limitacions per poder-los utilitzar correctament.

Les principals causes de degradació del sòl, especialment a l'àrea mediterrània, són: l'erosió, la pavimentació o urbanització, les excavacions i terraplenats, i les inundacions i esllavissades. També la contaminació, la disminució del contingut de matèria orgànica, la salinització, i la compactació alteren la qualitat del sòl. L'erosió és, potser, el principal problema de degradació dels sòls a l'àrea mediterrània. A Catalunya, més d'un terç del territori està afectat per unes taxes d'erosió superiors a les taxes de formació. La contaminació també és un problema molt important reconegut a nivell de la Unió Europea, espai en el qual s'han inventariat més de 300.000 terrenys contaminats. A Catalunya, mitjançant el «Inventario Nacional de Suelos Contaminados» es van detectar 570 emplaçaments potencialment contaminats. La recuperació de sòls contaminats necessita sovint tècniques molt costoses.

Per restauració de sòls degradats entenem totes aquelles actuacions destinades a recuperar els components que s'han perdut del sòl, o les accions encaminades perquè el sòl sigui més funcional, per exemple amb l'aplicació de matèria orgànica, pràctica que, a més d'incrementar el contingut orgànic, proporciona activitat biològica al sòl. Per rehabilitació entenem totes les pràctiques que es fan per recuperar les funcions que s'han perdut en el procés de degradació. La reconstrucció d'un sòl implica aportar els components perduts, reconstruint tot el sòl amb minerals i matèria orgànica. I entenem per remediació o sanejament del sòl la correcció de problemes de contaminació i la reducció del risc que aquests terrenys contaminats suposen per a les persones i els ecosistemes.

Els usos principals del sòl són l'activitat agrícola, l'ús forestal, l'ús ramader i l'ús de lleure i esport. Aquests són usos reversibles, però també s'usa de forma irreversible, per exemple, quan s'urbanitza i es pavimenta el sòl. Les activitats extractives comporten també la destrucció completa del sòl, però en alguns casos la reconstrucció és possible, com per exemple, per a un ús forestal.

Per poder conèixer com utilitzem el sòl, són molt útils algunes eines recents, com el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC), elaborat pel CREAM i del qual es disposa de dues versions (la primera data del 1993 i la segona, del 2000). Aquests mapes mostren el territori després d'haver fet la interpretació d'ortofotoimatges i fotografies aèries a un nivell de detall que permet distingir 61 categories diferents, amb una molt bona resolució.

El MCSC és una eina interessant per veure com utilitzem el recurs sòl, i quins canvis es van produint en els usos amb el temps. Un exemple proper, a l'àmbit metropolità de Barcelona, mostra que el conjunt d'usos amb cobertes boscoses representa prop del 40% de la superfície, mentre que les cobertes de matollars, les zones de conreu i les zones artificials contribueixen cadascuna amb prop del 20%. Segons el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya 2000 (MCSM-2), els sòls degradats o amb una ocupació poc reversible ocupen un 40% del territori metropolità, un percentatge molt elevat. Corresponen a sòls degradats en l'àmbit forestal, a zones urbanitzades i pavimentades, i a zones denudades antròpiques. Veiem, per tant, que hi ha en aquesta àrea una superfície important degradada o d'ús no reversible des del punt de vista de sòl com a recurs natural. Aquests usos van canviant amb el temps, el que comporta unes transformacions en el paisatge. Això no és nou: des que l'home va passar de recol·lector a agricultor, va anar transformant el paisatge de forma local o extensa, de manera que el paisatge d'avui és diferent de l'original. Però en els darrers 10 anys els canvis s'han produït molt ràpidament.

En les zones periurbanes, els canvis d'usos del sòl van en el sentit que els conreus passen a solars esplanats i d'aquí passen a terrenys per a la construcció. Si comparem entre el MCSM-93 i el MCSM-2000 es detecten molts canvis. El consum de sòl ha estat tan gran que quasi es pot parlar de depredació de sòl.

Amb els sòls pot passar com amb algunes espècies de plantes o animals de la selva tropical que abans de poder-los conèixer ja s'han extingit. A Catalunya només coneixem de forma detallada, des del punt de vista edafològic, un 15% del territori. Es coneixen i s'han fet algunes cartografies sobretot de sòls agrícoles. A l'àrea metropolitana, en canvi, no s'han fet els mapes, i es destrueix el recurs abans d'haver-lo inventariat.

Pel que fa als sòls molt degradats, és un fenomen que succeeix arreu, principalment als països més industrialitzats. Els sistemes de classificació de sòls s'han adaptat i presenten categories per descriure aquests tipus de sòl: són els *Antrosols*, sòls molt modificats per l'acció humana (generalment per conreu intensiu) sobre una base de sòl natural. També es parla de *materials antropogeomòrfics* per descriure tots els rebliments de terres amb residus de mineria, runes, escombraries, etc., aportaments relativament recents que no han pogut evolucionar com a sòl.

Restauració dels sòls

A continuació entrem a descriure algunes de les nostres experiències de restauració, treballs que hem realitzat en col·laboració amb altres universitats (IQS, UB, UPC). La recerca en zones extractives la fem per intentar millorar la qualitat dels treballs de restauració que ja s'hi duen a terme. La Llei 12/81 obliga a restaurar les zones afectades per l'activitat extractiva, però, per manca de tradició, de coneixements, o de possibilitats tècniques, això no sempre es realitza amb la qualitat suficient. Nosaltres intentem millorar la qualitat de les restauracions a partir de la nostra experiència havent vist que l'aplicació de compost o de fangs de depuradora resulten en una restauració més efectiva.

Les activitats extractives són molt importants arreu de Catalunya: hi ha unes 650 explotacions actives que ocupen 10.650 hectàrees. D'aquesta superfície, unes 2.000 hectàrees han estat ja restaurades, però la resta encara està en explotació o pendent de restauració. Ens trobem que hi ha una gran diversitat de situacions: cada pedrera, o cada tipus de material extret (àrids, material per a la construcció, per ciment, etc.) té una problemàtica de restauració diferent. Hem observat que, malgrat que hi ha projectes de restauració tècnicament bons sobre el paper, a la pràctica no han donat bons resultats. S'han invertit molts diners en la reposició de sòl, adobats i sembres; però les espècies plantades no han estat les adequades i s'ha perdut tot l'esforç. Hem observat que bona part dels problemes són deguts al fet que manca un cos de coneixement que organitzi els projectes de restauració. En aquest cas, és útil agafar els conceptes de l'ecologia i aplicar-los a la restauració de les activitats extractives.

Una primera pregunta que ens podem fer és si val la pena de restaurar o si podem esperar que sigui la regeneració natural qui recuperi la zona. Però ens trobem que les activitats extractives són una afectació molt intensa, encara que localitzada en l'espai. Perquè hi hagi regeneració de forma natural han de passar segles, tal com podem veure en les pedreres romanes. Nosaltres creiem que, si som capaços d'explotar el

terreny i eliminar el sòl en pocs mesos o anys, també hem de ser capaços de regenerar-lo en pocs temps. Actualment hi ha la tecnologia i la maquinària adient per fer-ho.

El primer que s'ha de fer és recuperar la morfologia de l'àrea. No es pot deixar un front d'explotació tal com queda després de l'extracció perquè impacta molt en el paisatge de l'entorn. Cal donar-li una morfologia que s'adigui amb el paisatge. El més recomanable és fer, simultàniament a l'explotació, una previsió del volum de material que s'ha de desplaçar. També hi ha la possibilitat de reblir els buits usant algun altre material de poc interès econòmic. Un cop adequada la geoforma, tenim un substrat sobre el qual assentarem el sòl. Normalment, el que es fa és utilitzar terres residuals o estèrils esmenades amb adobs per obtenir el que anomenem el sòl de la restauració, o «terra vegetal». Un cop obtingudes les mescles adequades, s'han de col·locar a la superfície, procés que anomenem reposició. Ens movem amb una idea molt senzilla: si hi ha sòl fèrtil, les plantes ja creixeran per elles mateixes i la vegetació es desenvoluparà naturalment i amb facilitat.

Els defectes que hem observat en els sòls de restauració, sobretot al principi de la implantació de la Llei, cap als anys vuitanta, són que no es reposava sòl o que aquest era insuficient. Tampoc es diferenciava el que és sòl o «terra vegetal», dels estèrils de mina, o les terres que s'utilitzaven en la restauració no estaven ben esmenades, eren poc fèrtils i massa pedregoses, i per tant no hi creixia bé la vegetació. Una idea molt important, que ha estat molt acceptada en el sector, és que el sòl original és el que millor es pot utilitzar per obtenir una bona restauració. Aquest sòl conté restes vegetals que s'incorporaran a la matèria orgànica i conté organismes vius i llavors que seran l'inòcul per al creixement dels organismes a zona restaurada. Com que el sòl és un medi viu, tal com dèiem a la introducció, cal tractar-lo com a medi viu i conservar-lo correctament.

El que recomanem és decapar el sòl abans del començament de les activitats i emmagatzemar-lo en piles no massa altes, de dos o tres metres. També és convenient sembrar-les perquè funcionin com a sòl i evitar l'erosió.

La revegetació consisteix en dues parts: la sembra i la plantació d'arbusts i arbres. La sembra de plantes herbàcies accelera la revegetació i es molt interessant allí on hi ha talussos, on es formen xaragalls i en superfícies vulnerables a l'erosió. Algunes vegades, si la sembra és molt densa, pot tenir l'inconvenient de formar una coberta massa densa que impedeixi l'entrada d'espècies autòctones.

Experimentació en tractaments de restauració de pedreres

A nivell experimental, les primeres proves fetes a Catalunya començaren l'any 1988 a la pedrera de la Fou, a Vallirana. En unes parcel·les es van investigar les condicions mínimes que havien de tenir els sòls de restauració per donar una coberta vegetal acceptable. S'hi ha anat fent un seguiment per veure com van evolucionant els tractaments aplicats i així obtenir un coneixement que després podem transferir al sector.

Els treballs de restauració han anat evolucionant, des d'una primera etapa als anys 1982-90, en què es feia una plantació directa sobre els residus pedregosos cap a una segona etapa, als anys 1990, en la qual ja es posava sòl o un substrat fertilitzat. A la tercera etapa, les terres aplicades eren de més qualitat i les plantacions, més ajustades quant a les espècies i densitats de plantació. Actualment, podem dir que és freqüent fer el decapatge de la terra vegetal, conservar-la i tornar-la a col·locar posteriorment, a vegades barrejada amb altres terres i adobada. Actualment es fa el que s'anomena restauració integrada al pla d'explotació, és a dir, a mida que es va extraient el material de l'explotació, ja es van començant els treballs de restauració. La combinació de les dues fases és favorable quant a l'optimització de la maquinària i del moviment de les terres.

Quant als treballs que hem fet de l'aprofitament de fangs de depuradores per restaurar pedreres, van enfocats a donar utilitat a aquests residus. Es fan mescles amb terra, amb la mateixa maquinària de la pedrera, en dosis calculades, i aquesta mescla s'utilitza com a substrat per a la restauració. L'aplicació de fangs per restaurar pedreres dóna bons resultats en la majoria de casos: així, per exemple, en una pedrera d'Alcover després de 6 mesos d'haver dipositat una capa de terra fertilitzada amb fang, el sòl ja es trobava ben revegetat amb una coberta herbàcia molt important, fins i tot sense haver sembrat. En general, els resultats són que les terres fertilitzades amb fang tenen una ràpida revegetació, una bona protecció contra l'erosió, i una bona incorporació dels fangs. D'altra banda, es pot produir algun inconvenient temporal, com per exemple, un excés de nitrogen durant els primers mesos amb pèrdua de nitrats per lixiviació. També poden entrar espècies pioneres nitròfiles que retarden l'entrada d'altres espècies pròpies de les comunitats de la zona i, per tant, afecten a la diversitat.

Quant a l'erosió, l'aplicació de fangs la redueix molt pel seu paper en la formació d'agregats, per la millora de l'estructura del sòl i per afavorir la infiltració. Això no obstant, l'efecte directe dels fangs sobre l'estructura del sòl és temporal i es va perdent amb el temps en degradar-se la matèria orgànica incorporada amb els fangs.

Als anys vuitanta s'entenia per restauració el fet de plantar pins directament sobre el substrat, fins i tot si era molt pedregós. El resultat era que s'obtenien unes plantacions de petits pins molt eixarreïts i descol·lorits. Vam fer l'experiència d'adobar aquestes plantacions amb fangs i al cap de pocs anys els pins van créixer de forma destacable. També vam detectar altres efectes paral·lels, com que el nou bosc s'havia constituït força bé, amb un sotabosc herbaci i arbustiu dens on començaven a créixer pins de segona generació.

Un altre aspecte de la nostra recerca va ser desenvolupar eines per avaluar si la restauració es fa amb prou qualitat. És a dir, valorar si la restauració, un cop acabada, s'ajusta al projecte inicial aprovat per l'administració. Estudiem si la zona restaurada va evolucionant cap a integrar-se a l'entorn natural, i si són de prou qualitat els treballs de rehabilitació duts a terme. Cal tenir en compte que la llei estableix un període de garantia d'entre 2 a 5 anys, passats els quals l'administració retorna una fiança que han dipositat les empreses com a garantia que es faran els treballs de rehabilitació. Abans de retornar la fiança cal disposar d'instruments per tal que l'administració pugui determinar si el treball ha estat ben fet, i si allò no únicament està bé en el moment de la inspecció sinó si continuarà funcionant com a sistema natural en el futur. Amb aquesta visió es va dur a terme un projecte coordinat per la Universitat de Barcelona amb l'objectiu d'avaluar els diferents tipus de restauració realitzats a Catalunya en els darrers 20 anys, comparant les seves característiques amb les dels sòls naturals de l'entorn. Els tipus de tractaments eren molt diversos, des de plantacions directes sobre pedruscalls fins a reposició del sòl amb fertilització amb fangs i sembra de llavors. Les conclusions van ser interessants: vam detectar una tendència a sembrar moltes herbàcies, però d'entre elles només en subsistien unes 2 o 3 espècies. Quant a arbustos i arbres, amb el temps anaven entrant progressivament espècies arbustives autòctones, un resultat interessant ja que indica que la part afectada per l'activitat es va integrant a l'entorn natural. També es va veure una relació clara entre l'alçària i el diàmetre basal en plantacions de pi blanc en les restauracions amb sòl fertilitzat.

Tota aquesta informació relativa a les experimentacions i observacions realitzades s'ha acumulat en una base de dades sobre restauració. Ara, el pas següent és transferir aquests coneixements al sector. L'any 2004 va començar el projecte Eco Quarry (Eco-tecnologia Medioambiental per a la Restauració de Pedreres de Calcària), un programa LIFE de la Unió Europea coordinat per la Universitat de Barcelona, on participem el CREAM, l'Escola d'Agricultura de la UPC, el Gremi

d'Àrids, i empreses del sector, que ens permet implantar a escala real els coneixements adquirits, mostrar que és viable restaurar millor i anar implementant processos de control de la qualitat de la restauració. Tot plegat per tractar de fer un ús més sostenible d'aquest recurs natural que és el sòl, i per recuperar les seves funcions si ha estat degradat.

Robots submarins contra la contaminació: el cas *Prestige*

Josep Amat

Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial
Universitat Politècnica de Catalunya

M'agradaria presentar en aquesta intervenció algunes de les possibilitats de la robòtica en el tractament dels residus provocats per accidents de contaminació marítima, com el malaurat naufragi del *Prestige*, ocorregut entre els dies 12 i 15 de novembre del 2002 davant les costes gallegues. Els voldria exposar el que pot fer avui en dia la robòtica, tot discutint les seves limitacions actuals i cap a on es dirigeix en el futur.

El petroli i el consum d'energia

Avui en dia, el consum d'energia en el món està basat en el petroli, que, amb una producció de 27.000 milions de barrils/any, representa un 24% del consum energètic mundial. Com que aquest petroli no es consumeix allí on s'extreu, s'ha de transportar als llocs de consum. I aquest transport comporta un greu perill d'accidents, tal com s'ha vist en repetides ocasions. Els Estats Units consumeixen molta energia i, en canvi, produeixen poc petroli. Per tant, han d'importar gran part del petroli usat en el seu consum intern. La seva filosofia és que és preferible esgotar les reserves dels altres abans que esgotar les reserves pròpies. Molta part d'aquest petroli circula pel mar, en grans vaixells petrolers; però degut al fet que aquest transport s'ha de rendibilitzar, els fuels circulen molt sovint en unes condicions desastroses, i s'accepten uns riscos immensos. Els països civilitzats tenen una normativa per controlar aquests riscos però com que el moviment del petroli els interessa molt, s'han inventat unes banderes de conveniència no sotmeses a cap regulació i que, per tant, escapen a aquestes normatives. A partir d'aquesta manera de funcionar sorgeix el rosari de desastres de petrolers: l'*Exxon Valdez*, l'*Amocco Cadiz*. L'últim, l'accident del *Prestige*, va provocar, a finals del 2002, un abocament al mar de 64.000 tones de fuel, un tipus de combustible poc volàtil i molt difícil d'eliminar. Però si el *Prestige* va tenir alguna importan-

cia no és pel que va passar sinó pel que tornarà a passar, ja que les condicions en què es navega continuen sent les mateixes (la normativa del doble casc no és obligatòria a tots els ports ni a tots els mercats), i de condicions climatològiques adverses se'n continuaran donant. Per tant, continua havent-hi un gran perill d'accidents.

L'accident del *Prestige*

En el cas del *Prestige*, quan el vaixell ja tenia problemes en el casc va voler entrar a la Corunya, però li van denegar el permís i va haver d'anar mar endins. Allí va quedar a la deriva. Per la televisió vam poder veure els dramàtics esdeveniments, com finalment el vaixell va partir-se i enfonsar-se, i l'escampada del petroli que es va produir. Un cop el mal ja s'havia fet, aleshores ens van demanar ajuda als tecnòlegs perquè solucionéssim el disbarat.

Els tècnics deien que el més assenyat hauria estat d'entrar al port de la Corunya on hi ha el pantanà d'hidrocarburs de Repsol que s'hauria habilitat per extreure el fuel del *Prestige*. Els tècnics tenien preparada una estratègia per desplegar tres murs de contenció flotants a diferents distàncies del vaixell que haurien evitat l'escampada i permès poder buidar tot el vaixell. Si ho haguessin aplicat, la contaminació hauria estat molt més controlada i reduïda del que va ser. Però els polítics no van voler assumir aquest risc i van enviar el vaixell mar endins, amb aquella premissa que «ojos que no ven, corazón que no siente».

Un cop el vaixell es va enfonsar, els tècnics van pensar que la robòtica submarina podria ajudar a solucionar el problema. En aquest aspecte, treballar en el *Prestige* ha estat el primer encàrrec seriós d'aquest estil on s'ha aplicat la robòtica submarina i ha servit per desenvolupar i impulsar la robòtica submarina aplicada als desastres ecològics. Temps enrere era totalment impensable que es pogués baixar a les fondàries on s'ha treballat amb el *Prestige*.

El desenvolupament de la robòtica submarina

Fins al 1940 per baixar al fons del mar s'anava amb una escafandra connectada a la superfície per mitjà de tubs per on passava l'aire per respirar. No va ser fins al 1943 que el comandant Cousteau va inventar l'escafandra autònoma, consistent en una ampolla a pressió per poder respirar just a la pressió adequada a cada cota del nivell del mar. La mateixa idea es va aplicar a la construcció de submarins que poguessin anar a més fondària, fins a 1.000, 2.000 o 3.000 m. I seguint amb aquesta

tònica, es van anar plantejant objectius en fondàries més i més grans, fins al repte de baixar a les fosses més profundes del planeta, fita que s'aconsegüí ja fa uns 50 anys en baixar a la fossa de les Marianes, a 11.000 m, amb un submarí tripulat. Es dóna la circumstància que és més fàcil de baixar a grans fondàries en artefactes tripulats, on una persona controla el submarí, que quan el submarí ha de ser autònom.

Resulta sorprenent que les qüestions submarines tinguin un atractiu mediàtic tan gran, però així és el cas. El mite del *Titanic* va permetre abocar molts diners en tecnologia submarina: es van desenvolupar robots per anar a buscar el *Titanic*, filmar-lo i fer-ne posteriorment una pel·lícula. Mercès a aquest interès mediàtic s'han invertit molts diners en la robòtica submarina, que han servit per preparar el camí per desenvolupar els robots que hem utilitzat, per exemple, en el cas *Prestige*.

Amb aquesta tecnologia ja desenvolupada, què pot fer la robòtica submarina? Generalment, el que fa la robòtica submarina són treballs de manteniment d'infraestructures submarines (per exemple, d'extracció de petroli submarí), fer exploració, reconeixement i cartografies marines.

Possibilitats i dificultats de la robòtica submarina

Amb els robots submarins es pot treballar de forma similar a la usada amb els robots enviats a Mart. En el cas del mar, una possibilitat és que des d'un vaixell situat enmig de l'oceà es deixi anar un artefacte robòtic com a explorador que transmeti els resultats de les seves exploracions cap al vaixell que li dóna suport. Però, si bé en el cas dels robots enviats a l'espai la comunicació amb la base es dóna amb una petita diferència de minuts, dins del mar no hi ha propagació ràdio i això significa que la transmissió és molt més lenta, de tal manera que pràcticament no hi pot haver comunicació entre el robot i la base durant la missió. I així, el robot submarí, a diferència dels robots enviats a la Lluna o a Mart, ha de ser totalment autònom. Això representa un problema, ja que la tecnologia no és capaç avui en dia de fer robots que vagin sols i que no ens necessitin a nosaltres operant des de fora. Els robots anomenats *rov* (*remote operated vehicles*) van units al vaixell amb un cable de fibra òptica que els permet la connexió i transmissió de dades. Però aquest cable limita la distància de moviment del vehicle *rov*. Els francesos del laboratori de l'IFREMER a Toulon, que són els que van treballar al *Prestige*, portaven un cable de 5.000 m. Un robot que pot explorar una distància de 5 km ja és una gran cosa, però imagineu quines dificultats per al robot de tibar o de dependre d'un cable de 5 km! El principal problema és de controlar on està el cable per tal que no s'enreda amb les estructures del fons

del mar. Tanmateix, l'avantatge d'aquest sistema és que el robot està comunicat amb cable i pot ser comandat des del vaixell. A més, se li poden posar uns braços per ser teleoperat des de dalt.

Un robot d'aquestes característiques ja és apte per treballar en fondària, ja que la dificultat de la transmissió de dades ha estat resolta. Però encara li resta un altre problema: un problema d'operativitat, que resulta de la necessitat d'estar apuntalat per poder fer una força. Com que els submarins no estan recolzats, no poden fer força. Tan sols poden fer feines que no requereixin massa esforç, com per exemple, portar una eina al fons del mar i fer feines mecàniques de soldadura o de perforació. En canvi, no poden obrir una escotilla perquè per fer això necessitarien apuntalar-se.

D'altra banda, s'ha de reconèixer que el cable és una molèstia. Per solucionar aquesta dificultat es va idear de connectar el robot a un submarí en lloc de fer-ho a un vaixell. Des del submarí el cable pot ser més reduït i no s'ha de salvar la distància vertical. Això portaria a un esquema basat en un vaixell base en superfície, i en fondària el tàndem format per un submarí i el robot. Amb aquesta disposició, el cable es pot reduir a 200 m. Aquest esquema és el que es va portar al *Prestige*, format per un vaixell en superfície, el submarí *Nautilus* i dos *rovs* que actuaven com a braços executors dependents del submarí.

Actualment la tecnologia pot fer aquest tipus de treballs. Però els objectius són d'anar traslladant la intel·ligència de la persona que està a la base cap al robot, de manera que, havent programat una tasca, el robot la pugui fer per si sol. Es tracta d'un objectiu llunyà, potser a 20 o 25 anys vista. Però és clar que en el futur podrem veure uns robots que faran missions prèviament indicades. Avui en dia, l'estratègia segura és enviar un submarí amb dos o tres persones a dins (un mecànic, un operador i el capità), i aquestes persones des del submarí controlen els moviments i les accions dels robots, que són els que poden apropar-se a la zona d'operació. Però aquest sistema té un límit imposat pel temps que pot estar una persona en el submarí, per la necessitat d'emmagatzematge d'aire, de manera que no és tan convenient com la de poder disposar d'un robot independent.

La recuperació del fuel del *Prestige*

En el cas del *Prestige*, la robòtica no només va permetre veure per on sortia el fuel, sinó també fer algunes operacions per anar controlant les fugues. El repte era treballar a una pressió de 380 atm i entre 3.545 i 3.800 m de fondària, unes condicions de molta dificultat. En un prin-

cipi es va dir que el fuel, si estava per sota de 9 °C de temperatura, es solidificaria. La dada és certa, però fou un error creure que la massa de fuel emmagatzemada als tancs assoliria en un temps breu aquesta temperatura. Les masses de fuel són tan denses que no tenen convecció, i per tant, no es refreden per contacte amb les parets. El temps de refredament de tota la massa de fuel dels tancs seria enormement llarg. S'ha calculat que caldria esperar durant uns dos anys per arribar a la temperatura de 9 °C partint d'una temperatura original de 36-38 °C. És a dir, si deixéssim que el fuel es refredés per solidificar-se, estaríem 600 dies perdent fuel per les fugues del casc.

És clar que s'havien de trobar alternatives. La primera, molt grollera però efectiva, consistia a anar a tapar les fugues amb sacs de sorra. El *Nautilus* va fer primer un reconeixement de la situació: es van obtenir fotos que van permetre dibuixar els plànols i fer els càlculs de les fugues. La tripulació del *Nautilus*, des de dins del submarí, va anar operant els robots des del fons del mar. Però la feina havia d'estar ben planificada: per baixar a 3.500 m es trigava 1,5 h i en el retorn a la superfície, 1 h. Com que l'autonomia del submarí era de 8 h, una quarta part del temps es perdia en el tràfec de pujar i baixar. Quedava poc temps i les missions havien de ser simples. Es va decidir de concentrar-se a taponar les fugues, una feina que es va dur a terme durant tres mesos. Durant tres mesos es va estar treballant a tapar fisures i a assegurar bé el confinament del material. Després, es van discutir propostes complementàries per evitar que la càrrega del vaixell representés un problema per al dia de demà.

Les propostes que es van plantejar van ser: confinament, desnaturalització del petroli, o extracció. Per confinar el material calia fer-hi una muntanya a sobre amb tones i tones d'argila, o amb grava, una feïnada increïble, per no parlar dels materials que s'hi havien d'abocar (uns 400.000 m³ de graves o argiles). Una altra proposta fou la de fer un cofre de formigó o d'acer de 150 m de diàmetre i 36 m d'alçària. Fer una construcció d'aquestes dimensions a la fondària de 3.500 m suposa uns reptes quasi impossibles. Una altra alternativa que es va desestimar fou la de reflotar el casc i treure el material en superfície per allí desnaturalitzar-lo amb microorganismes. Finalment, es va decidir de buidar els tancs i extreure'n el fuel a la superfície. Fou una feina molt costosa, que semblava impossible, però que es va aconseguir, i de la qual ens hem de felicitar.

Per a l'extracció es va especular sobre dues possibilitats: 1) fer forats i enxampar el material a mida que anava sortint, o 2) fer una sortida controlada amb un tub o unes bosses per anar recollint el material a mida que sortia. Es va decidir per la sortida controlada. Es van usar unes

grans bosses de lona de 150 tones de capacitat, que es col·locaven damunt dels dipòsits i s'anaven omplint mitjançant unes comportes que s'obrien i es tancaven segons la càrrega de les bosses. Un cop plenes, s'enviaven cap amunt, es buidaven per mitjà d'un rodet i tornaven cap avall vehicula-des per un ascensor. Aquesta feina va durar molt de temps i va costar molts diners.

Malgrat totes les precaucions en aquestes actuacions, hi va haver importants danys ambientals. El que s'hauria d'haver fet és evitar que aquesta desgràcia es produís. Es van fer molts errors i, en acabat, la tecnologia va haver de sortir a refer el disbarat. Ens hem de felicitar que la tecnologia hagi pogut contribuir en la reparació dels danys, però el que seria desitjable és que aquests desastres al mar i els errors de gestió subsegüents no es produïssin i que la robòtica no hagués de ser requerida per solucionar aquests problemes.

La vida en ambients extrems a la Terra i en altres planetes

Carles Pedrós-Alió

Institut de Ciències del Mar-CSIC
Barcelona

L'estudi de la vida en el nostre planeta ens pot servir per entendre com aquesta funciona. I la comprensió de la vida en la nostra proximitat ens pot ajudar a deduir si existeix vida en altres planetes. Aquest és un tema de molta actualitat: diaris recents han publicat en repetides ocasions notícies de la recerca d'aigua a la Lluna i a Mart, i ha aparegut recentment en la premsa moltíssima informació entorn dels llançaments a Mart. Justament es busca aigua a Mart i als altres planetes perquè s'entén que sense ella la vida no és possible. La prestigiosa revista científica *Science* va decidir que el fet d'haver trobat aigua a Mart era el descobriment més important de l'any 2004, i la portada d'un dels seus números recents mostra el pol nord marcià amb el seu casquet de gel en una imatge tractada que diferencia el que seria aigua gelada del que serien sals dipositades. L'interès d'aquesta imatge és que si hi ha sals dipositades es dedueix que en algun moment hi va haver aigua líquida per arrossegar i dipositar les sals.

L'aigua i la vida a la Terra

L'aigua és molt important per a la presència de la vida, però degut a la dificultat d'estudiar altres planetes el que farem és analitzar els ecosistemes de la terra on hi ha poca aigua per especular sobre el que passaria en altres planetes en condicions semblants. Ambients com els gels antàrtics estarien en unes condicions semblants a les de Mart. Si volem entendre el que passa allí, podem estudiar aquests ecosistemes terrestres. Partint de la base que sense aigua no hi ha vida, intentarem trobar el desert perfecte en el nostre planeta per veure si efectivament es confirma aquesta premisa.

Hi ha llocs del món amb molt poques espècies, tant de plantes com d'animals. Són els deserts. Hi ha una zona de deserts càlids ens els cin-

turons tropicals. Als pols hi ha els deserts gelats. En aquesta presentació analitzarem exemples de dos deserts càlids, els del Namib a Àfrica i el d'Atacama al nord de Xile, i dos deserts freds, els de l'Antàrtida i l'Àrtic, al pol sud i nord respectivament.

A Atacama, part del desert està a 2.000-4.000 m, per tant, a més de la manca d'aigua, hi ha una radiació molt elevada de la qual cal protegir-se. Ens trobem davant d'un paisatge realment espectacular, dominat per la geologia. Això no obstant, el desert no és del tot solitari: hi ha ocells, i encara hi podem trobar algunes plantes. Per tant, no és el desert perfecte. Una altra característica d'Atacama és la presència de salars. L'aigua de les fonts termals provinent del vulcanisme dels Andes arrossega sals i les diposita formant extensions de salars. Aquí també hi podem trobar vida, una vida microscòpica poblada bàsicament per bacteris.

En el desert del Namib hi ha zones on, malgrat semblar que no hi ha res, a vegades veiem unes taques fosques. Al seu costat, apareix un cartell que anuncia l'existència d'una ecologia sensitiva: les taques negres són líquens que cal protegir. Hi ha líquens, doncs, que poden viure en el desert. El Namib tampoc és, doncs, el desert perfecte.

De fet, un desert complet podria ser l'Atacama central. A una altura de 1.500 m hi ha zones on no trobem rastres de biologia, només hi veiem rocs i grava. Es tracta de la zona més seca del món, a l'ombra dels Andes que aturen la humitat del Pacífic i prou lluny de l'Atlàntic per no percebre la seva influència. En 60-80 anys de registres meteorològics no s'hi ha detectat ni una gota d'aigua de pluja! Podem buscar per aquí el desert perfecte. Però si girem els rocs podem apreciar un canvi de color en les pedres, que presenten unes capes de colors vermells i negres anomenades el vernís del desert. Els colors negres corresponen a minerals de manganès, i els vermells corresponen a minerals de ferro, els quals són produïts per uns microorganismes que els precipiten.

En aquest moment, per entendre millor com funcionen els éssers vius cal fer un incís sobre les reaccions redox, que ens expliquen com es genera l'energia que utilitzaran els organismes.

Els éssers vius funcionen igual que una bateria. En una bateria tenim una diferència de potencial redox, que produeix una transferència d'electrons des d'un pol a l'altre, i a partir d'aquí es pot obtenir energia. El funcionament dels éssers vius és anàleg: hi ha uns productes reduïts i uns productes oxidats i s'estableix un corrent d'electrons entre uns i altres de manera que es produeix l'energia que ens permet viure als animals, plantes i microorganismes. Podem ordenar els compostos segons el seu potencial redox, de manera que podem fer el símil d'una torre d'electrons. Ho podem comparar a un salt d'aigua, on l'aigua de la part supe-

rior, que té energia potencial, es converteix en un altre tipus d'energia (energia cinètica) quan cau cap avall. El que fan els organismes és anàleg: agafen un compost reduït (com per exemple el H_2S) i el converteixen en un altre de més oxidat (S); aleshores hi ha uns electrons que es desplacen per la torre i es poden utilitzar per reduir un altre element, per exemple, l' O_2 , que passa a H_2O . Unes reaccions aporten electrons i les altres els reben, però sempre en un ordre obligat de dalt cap a baix segons la torre dels electrons (no es pot anar de baix cap a dalt per obtenir energia). Els animals i les plantes som molt avorrits, només fem una reacció: utilitzem matèria orgànica que convertim a CO_2 , i els electrons de l' O_2 passen a H_2O . Quan inhem, agafem O_2 i quan exhalem, traiem CO_2 i H_2O . Els bacteris, en canvi, usen una gran varietat de reaccions de redox. Per exemple, els bacteris del vernís del desert usen les reaccions de redox del manganès i del ferro per obtenir l'energia per al seu creixement. Com que el salt de Fe a O_2 és molt petit, la reacció allibera molt poca energia, el que significa que els organismes han de créixer molt lentament. Un vernís del desert pot trigar 10.000 anys a formar-se. Hi ha tota una diversitat enorme de formes de vida que aprofiten aquesta varietat de vies de transferència d'electrons entre compostos químics reduïts i oxidats per al seu metabolisme.

La vida en fondària

Això només afecta els mil·límetres superficials del desert. Què passa si anem més endins? En uns salars d'Atacama que es troben a més de 4.000 m d'altura l'empresa Boratos Andinos extreu el bor de les sals acumulades. A nosaltres ens ha interessat excavar en la capa dels borats per indagar sobre l'existència de formes de vida. A 3 m de fondària hem trobat una capa que conté minerals taronges i grocs. Són els minerals d'arseni anomenats orpiment i realgar. Són minerals verinosos per a nosaltres, però, com qualsevol compost, tenen un potencial redox determinat que alguns organismes són capaços d'explotar. Els bacteris aïllats en aquestes roques aprofiten l'arseni per obtenir energia, i a més produeixen els minerals d'arseni esmentats. Aquests bacteris tenen un paper biogeoquímic important, ja que contribueixen a la formació de minerals en el planeta. De fet, es creu que molts dels minerals de ferro, or o platí s'han format degut a l'activitat de microorganismes i no a processos geològics.

Encara podem trobar vida a més fondària en l'escorça terrestre, per exemple, a 1.000 o 2.000 m de fondària. En pous de mines excavats en el basalt fins a 3.000 m de fondària a prop del riu Columbia, al nord-oest dels Estats Units, s'hi han trobat microorganismes vius. És sorpre-

nent que a l'escorça terrestre, dins de la roca a tanta fondària, hi puguin viure microorganismes. Ens preguntem, de què poden viure? La resposta és que viuen literalment menjant roca i respirant roca, que és l'única cosa que hi ha en aquestes fondàries. El procés funciona de la manera següent: al llarg del temps es va barrejant aigua i basalt, i per la meteorització de la roca basàltica apareix el gas H_2 . Els microorganismes poden usar el H_2 , i passar els electrons al CO_2 que es transforma en metà (CH_4). Aquí hi ha un salt redox que dóna energia, i els microorganismes poden viure amb aquesta energia. En aquest cas els organismes viuen de l'aire (H_2 , CO_2). S'han fet estimacions de la velocitat amb què creixen aquests microorganismes i s'han proposat taxes de reproducció d'un cop cada 100 anys. Viuen sí, però s'ho prenen amb calma.

Tot i que semblin d'una massa i nombre negligible, si fóssim capaços d'extreure tots els bacteris d'aquests 3 km de fondària d'escorça i pesar-los veuríem que la massa dels microorganismes és comparable a la massa de les plantes i animals que viuen sobre la terra. Si extenguéssim la massa dels microorganismes per tota la terra, cobriríem tot el planeta amb una capa d'un metre de gruix. Per tant, representen una quantitat de biomassa espectacular. I és més, si amb el canvi climàtic canviessin les condicions superficials de forma que moltes espècies es veiessin afectades, aquests microorganismes ni se n'adonarien dels canvis.

Hem trobat vida en fondària. Anem ara a veure què passa en altres ambients extrems del planeta.

Els deserts càlids

El desert d'Atacama, a Xile, és el desert més sec del món ja que, com s'ha esmentat, no li arriben ni els vents humits de l'Atlàntic o del Pacífic, ni les aigües de fosa de les neus andines. Alguns investigadors van publicar a finals de l'any 2003 un article a *Science* que es titulava «Terres semblants a Mart al desert d'Atacama, Xile». En aquesta recerca, van agafar mostres des de 24° a 28 °S latitud en un gradient de sequedat cap al nord, i van analitzar si hi trobaven microorganismes. En els punts de mostreig més septentrionals (amb una precipitació de 0 mm) no van trobar bacteris, estaven al límit de detecció de la tècnica. Si s'analitzava l'activitat biològica, es veia una pauta semblant. Per tant, aquí sí que veiem que sense aigua no hi ha vida i sembla que es tracta d'un desert de veritat.

Què passa si a l'aigua hi afegim sals? Tornem a situar-nos en els salars d'Atacama. En les peculiars salines d'El Litio, la salmorra procedent del salar ja és unes 10 vegades més concentrada que la salinitat de l'aigua

del mar. L'aigua es va evaporant en diferents llacunes on es precipiten sals de liti, que es comercialitzen. A nosaltres aquest gradient de concentració salina ens permet estudiar si en algun punt de salinitat deixa d'haver-hi vida. Vam fer un mostreig de diferents salinitats i, efectivament, vam trobar que a partir d'un punt de concentració de sals ja no hi trobàvem cap tipus d'organisme. En aquest cas, malgrat que hi hagi aigua, aquesta no està disponible ja que les molècules d'aigua estan unides als àtoms de sal i no estan disponibles per als éssers vius. Altre cop tenim el mateix resultat: quan deixem de tenir aigua líquida, deixem de veure éssers vius.

Per estudiar si les condicions d'altres temperatures afecten la vida vam estudiar les fonts termals d'El Tatio, a 3.600 m a l'altiplà andí. Aquí tenim aigua a la temperatura d'ebullició que s'evapora. Però hi trobem bacteris filamentosos que formen masses denses i atapeïdes a les vores del géisser. Si anem al centre mateix de la font, on l'aigua està bullint, i en traiem mostres, trobem que els organismes són capaços de créixer a temperatures molt altes, a la mateixa temperatura d'ebullició. Aquests resultats ens confirmen que mentre tinguem aigua líquida trobarem vida, independentment de la temperatura.

La nostra conclusió dels estudis dels deserts càlids del món és que per als microorganismes és important tenir aigua en forma líquida.

Els deserts freds

Al mar de Wedell, a l'Antàrtida trobem dos tipus de gel: el gel format a partir d'aigua dolça i el gel format d'aigua de mar. A l'Antàrtida el gel ocupa una enorme extensió: si a l'estiu antàrtic ocupa 4 milions de km², a l'hivern n'ocupa 20 milions. Al pol nord tenim la imatge especular: al març el gel ocupa uns 16 milions de km² i al setembre, uns 9 milions. En total hi ha un 10% de la superfície del planeta ocupada per gel marí, el que representa una bona llenca de terreny; però hom pensaria que el gel marí és un ecosistema molt poc atractiu per a la vida.

Hem anat a la banquisa àrtica, al nord del Canadà, amb una temperatura mitjana de l'aire de -34 °C, per estudiar el mar a sota del gel. També hem mostrat el mateix gel, obtenint testimonis de gel que serviran per mesurar les condicions de la formació del gel. Per tal de conèixer aquestes condicions fem mesures de temperatura en el cilindre i de cada pocs centímetres n'extraïem una mostra per estudiar-ne la composició. Veïem que el gel no és un bloc sòlid sinó que presenta una estructura amb canals i cavitats. Això passa perquè en congelar-se l'aigua de mar, es congela l'aigua pura; però les sals no. Les sals van quedant

cada cop més concentrades en unes salmorres entremig del gel, que són les que omplen els canals. I així trobem aigua líquida (ben salada, però). Com que hi ha aigua líquida, segons la nostra hipòtesi hi hauríem de trobar organismes. Efectivament, els trobem: a la salmorra hi viuen unes diatomees molt especialitzades per poder mantenir-se en un ambient cada cop més salat a mesura que va progressant l'hivern i la congelació de l'aigua del mar va reduint els espais líquids i augmentant la salinitat d'aquests. Però, si hi ha algues (que són productors primaris), també hi ha els organismes que se les mengen, el zooplàncton o krill que viu per sota del gel i que s'alimenta de les algues del gel marí. Això suporta una abundant cadena tròfica en les aigües polars. Semblaria que el gel marí seria un ambient molt inhòspit, però en realitat és un ecosistema ple de vida.

Podem trobar una cosa més exòtica encara? Doncs sí: en el casquet antàrtic completament glaçat hi ha el llac Vostok. El llac té uns 200 km de llargada i 500 m de fondària, i està cobert per una capa de gel d'entre 3,7 i 4 km de gruix. En aquest llac extraordinari hi ha aigua líquida per sota de 4 km de gel. Els investigadors russos porten molts anys fent una perforació del gel per obtenir l'anomenat testimoni de Vostok, que dona informació molt interessant i útil sobre la situació del planeta i del clima al llarg dels darrers milers d'anys. Els investigadors russos han arribat a una fondària en la qual, per les seves característiques diferents, han vist que el gel procedia d'aigua del llac que s'havia tornat a congelar. I en aquesta aigua s'hi han trobat microorganismes. Per tant, això ens diu que sota aquesta potència de gel hi ha organismes vius. Es tracta d'unes formes de vida que han estat aïllades de la resta del món durant milions d'anys i a les fosques. Ens preguntem com han pogut viure, com funcionen? No ho sabem exactament, ja que la perforació no ha arribat a connectar amb l'aigua del llac per una doble precaució, per no contaminar el llac amb els productes de l'enginyeria de la perforació i per evitar una invasió planetària per part d'algun bacteri que s'escampés des d'aquest ambient aïllat fins ara. Però si, tal com hem descrit en unes línies anteriors, hi ha bacteris adaptats a menjar i respirar rocs, bé podríem acceptar que altres metabolismes exòtics poguessin mantenir vida en aquest ecosistema tan peculiar.

Després d'haver transitat per aquests deserts freds o càlids del planeta Terra, estem en condicions de tornar al món extraterrestre. Amb el que hem après al nostre planeta, anem a veure si pot haver-hi vida en altres planetes del nostre sistema solar. Primer sempre s'ha mirat el planeta Mart. Ara que s'hi ha trobat aigua, les possibilitats que hi hagi o hi hagi hagut vida són més grans. Els pols de Mart tenen molta aigua congela-

da i cap als tròpics n'hi ha menys. A les zones tropicals de Mart l'aspecte de la superfície recorda la del permafrost boreal de la Terra. A la Terra s'ha trobat activitat bacteriana al permafrost, a 40 °C sota zero; així doncs, per què descartar-ho en aquestes zones de Mart? I si no n'hi ha ara, per què descartar que n'hi hagués hagut en el passat? En alguns punts de Mart s'ha trobat hematita, un mineral que per formar-se necessita aigua, el que indicaria que segurament en el passat hi havia molta aigua. Si hi ha hagut aigua líquida, per què no pensar que hi hagués hagut vida?

L'altre candidat a la vida extraterrestre és Europa, un dels satèl·lits de Júpiter. Europa té la superfície completament congelada, però uns 2 o 3 km per sota d'aquest gel hi podria haver aigua líquida. Aquest ambient, gel sobre aigua, no és pas tant diferent del gel marí que hem estudiat a l'Àrtic. Els seus pobladors segurament serien molt semblants als que hem trobat al gel marí dels pols terrestres. És interessant que, si hi fossin, aquest éssers vius serien europeus...

Finalment i per acabar, vull resumir aquesta capacitat de la vida d'aparèixer en els llocs més inversemblants manllevant una frase del matemàtic que surt a la pel·lícula *Parc Jurassic*, qui diu: «La vida s'obre camí». Havent vist per on s'ha obert camí la vida a la Terra, és quasi impossible no concloure que en altres llocs de l'espai la vida també haurà fet camí per prosperar i reproduir-se.